



CSINI 2021

XIVº Congreso Internacional
de Ingeniería Industrial



aacini
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS
DE INGENIERIA INDUSTRIAL



UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES



Información Editorial

COINI 2021
XIVº Congreso Internacional
de Ingeniería Industrial

COINI 2021 : XIV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial / Jorge Eduardo Abet ... [et al.] ; compilación de Mario Lurbe ... [et al.] ; editado por Fernando Cejas. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-86-6

1. Ingeniería. 2. Industrias. 3. Educación. I. Abet, Jorge Eduardo. II. Lurbe, Mario, comp. III. Cejas, Fernando, ed.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4998-86-6



Universidad Tecnológica Nacional - República Argentina

Rector: Ing. Ruben Soro

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaria Académica y Posgrado: Ing. Liliana Raquel Cuenca Pletsch

Secretario de Ciencia, Tecnología: Ing. Omar del Gener



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

Decano: Ing. Guillermo Oliveto

Vicedecano: Ing. Andrés Bursztyn

Secretario Académico: Dra Miriam Capelari

Secretario Ciencia y Tecnología: Lic. Patricia Cibeira

Director Departamento de Ingeniería Industrial: Ing. Guillermo Valvano



eduTecNe-Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando H. Cejas



Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial

Presidente: Esp. Arq. Miguel Ángel Rissetto

Vicepresidente: Ing. Jorge A. Mohamad

Comité Editorial

Dr. Ing. Mario Lurbe (AACINI)

Mg. Ing. Iván Barón (FRSR)

Esp. Arq. Miguel Rissetto (AACINI)

Ing. Juan Ignacio Sáenz (FRSR)

Armado, diagramación y Diseño Editorial: Esp. Lic. Jimena Lloret (FRSR)

Queda hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723

© eduTecNe, 2022

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AA) Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina - Published in Argentina

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

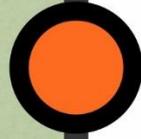


Índice General



Portada **01**

Información Editorial **02**



Índice General **03**

Cronograma General **04**

Salas simultáneas **05**

Prólogo por Guillermo Valvano | Director del Departamento de Ing. Industrial FRBA **09**

Reseña por Guillermo Oliveto | Decano FRBA **10**

Palabras de Miguel Ángel Risetto | Presidente AACINI **13**

Comisión Directiva de AACINI **14**

Comité de Evaluaciones **15**

Sistema de Evaluación **16**

Revista de AACINI **17**

Canal de Youtube de AACINI **18**

Patrocinador Tecnológico **19**

Área A

Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria **20**

Área B

Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional **137**

Área C

Gestión de Operaciones y Logística **256**

Área D

Gestión Económica **425**

Área E

Innovación y Gestión de Productos **488**

Área F

La Educación en la Ingeniería Industrial **676**

Área G

Emprendedorismo e Ingeniería Industrial **830**

Cronograma General

Lunes 1 de Noviembre

16.00 - 17.00	APERTURA	Ing. Guillermo Oliveto Ing. Guillermo Valvano Esp. Miguel Risetto
17.00 - 18.00	Panel: Políticas actuales de la Educación Superior. La enseñanza Virtual, los desafíos del futuro para la evaluación y acreditación de la calidad de la educación superior e innovación en un mundo cambiante, post pandemia.	Ing. Guillermo Oliveto Ing. Hector Aiassa Ing. Rodolfo Tecchi Dr. Rodolfo De Vincenzi
18.00 - 19.00	Transformación digital: Mitos y realidades de industria 4.0 en Pymes.	Dra. Loecelia Ruvalcaba Sánchez

Martes 2 de Noviembre

09.00 a 13.00	Taller: "Construyendo Planificaciones Competentes"	Dra. Graciela Mansilla Mg. Lucía Sacco
14.00 - 14.50	Formación en liderazgo y emprendedorismo como aporte a la sociedad latina liderado por mujeres.	Esp. Jenny Linares Nieto Mg. Luz Espejo Novoa
15.00 a 15.50	Entropía, Vida e Ingeniería.	Dr. en Física Walter Legnani
15.50 a 16.40	Tecnologías duras y competencias blandas para la formación de los ingenieros del futuro.	Ing. Uriel Cukierman
16.50 a 17.30	¿Le sirve el Marketing a un Ingeniero?	Lic. Mariano Fernandez Madero
17.40 a 18.20	Conversatorio: Desafíos para adecuar los planes de estudio en función de los nuevos estándares de la carrera. Una mirada a nivel nacional e internacional.	Ing. Lucía Lladser - Esp. Silvia Urrutía Ing. Mercedes Augspach Mg. Leticia Arcusin Mg. Liliana Cuenca Pletsch Ing. Luz Marina Patiño Nieto Dra. María Ileana Ruiz Cantisani Dra. Valdivia Camacho
18.30 a 19.10	Aplicaciones de la nanotecnología en remediación ambiental.	Dra. Natalia Quici

Miércoles 3 de Noviembre

09.00 a 13.00	Taller: "Construyendo Planificaciones Competentes"	Dra. Graciela Mansilla Mg. Lucía Sacco
14.30 a 15.00	Producción cervecera en Cervecería y Maltería Quilmes.	Sol Cravello
15.00 a 16.00	Velez, un Club de barrio saneado y Campeón del Mundo.	Raúl Gamez
16.00 a 17.00	Messi, la mejora continua.	Juan Manuel (Rifle) Varela
17.00 a 17.40	Industrias 4.0 y la oportunidad tecnológica para las Pymes.	Ing. Gustavo Auyero
17.40 a 18.20	Ciberseguridad Industrial. Amenazas y mitigación del riesgo.	Ing. José María Suárez
18.30 a 19.00	Desarrollo del Satélite Radar Argentino SAOCOM.	Ing. Gabriel Absi
19.00 a 19.30	Primer Tomógrafo (AR-PET) por emisión de positrones argentino.	Ing. Claudio Verrastro

Jueves 4 de Noviembre

10.00 a 14.00	Reunión de Directores-RRDD y Encuentro Internacional de Directores-EID	Ing. Guillermo Valvano (Presidente COINI) Esp. Miguel Risetto (Presidente AACINI)
14.00 a 15.00	Emprendimiento y Ciencia, superando fronteras.	Dra. Verónica Medaura
15.00 a 15.20	Potenciar el vínculo entre la Universidad y la Industria.	Ing. Hernán Lopez
15.30 a 16.15	Organizaciones Internacionales: Visión según la óptica de cada país.	Ing. Marcela Romero Ing. Ana Vernaza Pizarro
16.15 a 16.50	Motivación permanente, ¿engaño eterno?	Lic. Danilo Lorenzon
17.00 a 17.50	Aplicaciones de ciencia de datos en Ingeniería Industrial	Ing. Germán Guido Lavalle
18.00 a 18.30	Compañía líder a nivel mundial en soluciones de envasado y procesamiento de alimentos.	Ing. Horacio Martino
18.30 a 19.10	Matilda y las mujeres en Ingeniería, de los libros a la cátedra abierta latinoamericana.	Dra. Adriana Cecilia Páez Pino Ing. Roberto Giordano Lerena Dra. María Ileana Ruiz Cantisani Cal. Liliana Rathmann

Viernes 5 de Noviembre

14.00 a 15.00	Academia, poder e imperativos del Siglo XXI.	Mg. Guillermo Giarratana
15.00 a 15.40	El Hidrógeno en el proceso de descarbonización global.	Lic. Massimiliano Cervo
15.40 a 16.20	Valores esenciales en la profesión de la Ing. Industrial.	Ing. Jose Luis Rocas
16.20 a 17.00	El Legado de Leonardo.	Ing. Ricardo L. Armentano
17.10 a 17.50	Optimización de operaciones productivas y logísticas: Conocimientos innovativos, RRHH altamente calificados y vinculación con la industria.	Dra. Gabriela Henning
18.00 a 18.40	Reactivación económica frente a la Post-Pandemia.	Dr. Fernando Salazar Arrieta Mg. María Angélica Viceconde
18.40 a 19.20	¿Es duro enseñar las competencias blandas?	Esp. Miguel Risetto Ing. Federico Mendizabal

Sábado 6 de Noviembre

09.30 a 10.00	Necesitamos más profesionales en nuestro mercado laboral de Ingeniería. ¿Cómo lograrlo?	Ing. Oscar Pascal Ing. Nestor Braidot
10.10 a 10.30	CIERRE COINI 2021	Ing. Guillermo Valvano Esp. Miguel Risetto

Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria

11.00 - 11.30	CO21-A01 - El desempeño organizacional, un análisis teórico para identificar los criterios que lo definen.
11.30 - 12.00	CO21-A04 - Consumo sostenible del Agua: Metodología para la determinación del Consumo Real.
12.00 - 12.30	CO21-A05 - Seguridad de máquinas: el proceso lógico aportado por las normas internacionales.
12.30 - 12.45	CO21-A06 - Una experiencia de desarrollo de candida utilis de efluentes de industria sucro-alcoholera.
12.45 - 13.00	CO21-A07 - Evaluación del ciclo de vida útil de los vertederos, influencia de la correcta gestión de los RSU.

Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional

11.00 - 11.15	CO21-B02 - Optimización de variables de riesgo en necesidades sociales aplicando lógica difusa.
11.15 - 11.30	CO21-B03 - Desarrollo de una plataforma digital como estrategia comercial en una Pyme metalmeccánica.
11.30 - 12.00	CO21-B04 - Factores críticos de éxito de Business Process Management BPM, que pueden influir en la operación que ha sido afectada por la pandemia, en empresas manufactureras del sector cosmético en Colombia.
12.00 - 12.30	CO21-B05 - Modelo de Gestión de la Convergencia e innovación en empresas de Base Científico Tecnológicas.
12.30 - 13.00	CO21-B07 - Diseño de un Modelo de Indicadores para Cuantificar los valores CERT de la Cultura BPM, desde la Perspectiva de Eficiencia y Eficacia. Parte 4.

Gestión de Operaciones y Logística

11.00 - 11.20	CO21-C01 - Influencia de la composición de los salares en la selección del mejor método productivo para obtener carbonato de litio.
11.20 - 11.40	CO21-C03 - Mejora de almacenamiento en la Gestión de Residuos Informáticos.
11.40 - 12.10	CO21-C04 - Un caso de mejora en los procesos de prevención de óxido en piezas de exportación en una automotriz.
12.10 - 12.35	CO21-C05 - Análisis del rendimiento productivo en el sector de aserraderos: aplicación de modelos de regresión lineal.
12.35 - 13.00	CO21-C07 - Modelo exacto para el dimensionamiento del tamaño de pedidos con deterioro de los insumos.

Innovación. Gestión de Productos. Emprendedorismo. Ingeniería Industrial

11.00 - 11.20	CO21-E01 - Estudio de mercado en la formulación y evaluación de proyectos en épocas de pandemia y post pandemia.
11.20 - 11.40	CO21-E02 - Optimización de la producción textil animal: análisis de factibilidad.
11.40 - 12.10	CO21-E04 - Aplicación de técnicas de desarrollo de productos con enfoque Lean Thinking asociado a una gestión de cambio agile en una empresa metal mecánica.
12.10 - 12.30	CO21-E05 - Diseño de equipo para grabación de piezas metálicas

Gestión Económica

11.00 - 11.30	CO21-D01 - Desarrollo de un Sistema de Costeo basado en actividades que contribuya a mejorar la eficiencia y rentabilidad del servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna.
11.30 - 12.00	CO21-D02 - Simulación dinámica para la mejora del proceso de recría y alimentación del ganado vacuno.
12.00 - 12.15	CO21-D03 - El impacto económico-financiero en las PyMEs que genera el financiamiento y asistencia del Estado en contexto de pandemia. Caso aplicado a una PyME de servicios en la ciudad de La Plata.
12.15 - 12.40	CO21-D04 - Los aspectos fiscales de la minería metalífera en Santa Cruz

La Educación en la Ingeniería Industrial

11.00 - 11.15	CO21-F01 - La industria 4.0 y el impacto en las competencias académicas del ingeniero industrial.
11.15 - 11.40	CO21-F02 - Descripción del proceso del espacio curricular proyecto final de ingeniería.
11.40 - 12.00	CO21-F03 - De la presencialidad a la virtualidad: accesibilidad académica y recursos didácticos en tiempos de pandemia.
12.00 - 12.20	CO21-F05 - Actividades lúdicas para la formación de ingenieros en un proyecto Inter-Facultades.
12.40 - 13.00	CO21-F07 - Creación de caso pedagógico de estudio a partir de experiencia emprendedora, y su aplicación académica.

Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria

11.00 - 11.15	CO21-A08 - Una metodología para evaluar las medidas de control para peligros significativos en la producción de frutillas congeladas
11.15 - 11.45	CO21-A10 - Six Sigma y Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de Bodega Chandon en Mendoza.
11.45 - 12.00	CO21-A12 - Contexto productivo y medioambiental de la industria nacional e internacional del mármol: Problemas y soluciones hacia una industria sostenible.
12.00 - 12.30	CO21-A15 - La gestión de los residuos durante el Campaña de Vacunación contra COVID-19.
12.30 - 13.00	CO21-A17 - Gerenciamiento de Organizaciones Peruanas bajo la disciplina de la Línea de Triple Resultado.

Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional

11.00 - 11.30	CO21-B09 - Experiencia de vinculación institucional y transferencia tecnológica: Universidad - Estado-Empresa, estudio sobre la Facultad Regional Tucumán, UTN en la región NOA.
11.30 - 11.45	CO21-B11 - Análisis de criterios presentes y futuros mediante modelos ocultos de Markov para instalar un comedor infantil en un barrio.
11.45 - 12.00	CO21-B12 - Desafíos de la Gestión de Proyectos aplicada al ámbito judicial
12.00 - 12.25	CO21-B13 - Propuesta de herramientas de gestión de implementación ágil para el ámbito de la administración pública.
12.25 - 12.50	CO21-B15 - Sistema de gestión integral, primeros pasos para la toma de decisiones.

Gestión de Operaciones y Logística

11.00 - 11.25	CO21-C08 - Aplicación de la programación lineal en la programación de una acería.
11.25 - 11.50	CO21-C11 - Plan de continuidad de negocio para la reactivación de la productividad de las industrias químicas en tiempos de pandemia de COVID-19.
11.50 - 12.15	CO21-C12 - Una estrategia de resolución biobjetivo para la secuenciación de operaciones en un sistema flow shop con preparaciones dependientes de la secuencia y restricciones de espacio.
12.15 - 12.35	CO21-C21 - Modelo de mantenimiento basado en confiabilidad aplicado a una empresa maquiladora.

Innovación. Gestión de Productos. Emprendedorismo. Ingeniería Industrial

11.00 - 11.20	CO21-E07 - Solución de problemas mediante triz.
11.20 - 11.40	CO21-E08 - Validez factorial y consistencia del instrumento aplicado para determinar el emprendedurismo estudiantil universitario.
11.40 - 12.00	CO21-E09 - Modelado y simulación mediante elementos finitos de espumas metálicas para su aplicación en aspas de aerogeneradores.
12.00 - 12.30	CO21-E10 - Educando desde la energía.
12.30 - 13.00	CO21-E11 - Optimización topológica en el diseño mecánico.

Gestión Económica

11.00 - 11.30	CO21-D06 - Identificación de buenas prácticas para evitar retrasos y sobrecostos en proyectos llave en mano de Oil & Gas y Power.
11.30 - 12.00	CO21-D08 - Economía campesina traspasato: Una alternativa autoalimentaria local posCOVID-19 en economías emergentes.
12.00 - 12.30	CO21-D09 - Simulación de Montercarlo para retornos de activos correlacionados.

La Educación en la Ingeniería Industrial

11.00 - 11.20	CO21-F08 - Experiencia de la Facultad de Ingeniería de la UNLP durante la pandemia por COVID-19: Cátedras de Administración Financiera, Formulación y Evaluación de Proyectos
11.20 - 11.45	CO21-F09 - Evaluar a través de foros: una experiencia con estudiantes de ingeniería.
11.45 - 12.10	CO21-F10 - La no presencialidad, ¿fomenta el aprendizaje autónomo?.
12.10 - 12.30	CO21-F11 - Cursado, seguimiento y autoevaluación en Práctica: Resultados de uso de plataforma autogestionable para PPS.
12.30 - 12.45	CO21-F14 - Tecnología educativa aplicada a la enseñanza universitaria: uso de tecnologías emergentes y existentes para mejorar las experiencias de aprendizaje en ciencias aplicadas.
12.45 - 13.00	CO21-F15 - Enseñanza en Facultades de Ingeniería en tiempos de COVID 19: Virtualidad e Inclusión Estudiantil

Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria

11.00 - 11.25	CO21-A19 - Postratamiento biológico de agua residual, para optimizar la actividad productiva (escala demostrativa).
11.25 - 11.50	CO21-A20 - Optimización de la síntesis y diseño de playas de tanques de sustancias inflamables poco volátiles considerando la seguridad.
11.50 - 12.15	CO21-A21 - Herramientas para Aplicación Mejora Continua en PyMEs.
12.15 - 12.30	CO21-A22 - RSU – Capacidades sociales y financieras en jóvenes infractores: el caso del Centro El Redentor en Bogotá – Colombia.
12.30 - 13.00	CO21-A23 - Estimación de distancias seguras frente a la ocurrencia de una explosión BLEVE en función de variables operativas/ de diseño.

Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional

11.00 - 11.20	CO21-B17 - Gestión de riesgos y sostenibilidad en pymes del sector alimenticio.
11.20 - 11.40	CO21-B18 - La Gestión de Conocimiento y el Proceso Decisional en Organizaciones.
11.40 - 12.00	CO21-B19 - La articulación organizacional pública y privada Caso de estudio: La red CARICET para la certificación de especialidades técnicas en la Universidad Tecnológica Nacional.
12.00 - 12.20	CO21-B20 - El enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento: hacia la competitividad organizacional.
12.20 - 12.40	CO21-B21 - Efectos del género sobre la Orientación al Mercado en los gerentes de hoteles PYMES del estado de Sonora México
12.40 - 13.00	CO21-B26 - Procesos de organización de la pequeña y mediana industria en la ciudad de Latacunga.

Gestión de Operaciones y Logística

11.00 - 11.30	CO21-C22 - Análisis de la cadena de valor alimentaria de menú saludable elaborado en Planta Piloto de FICA-UNSL mediante procesos sustentables y con materias primas regionales.
11.30 - 12.00	CO21-C23 - Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en una empresa distribuidora de productos metalúrgicos de la ciudad de Mar del Plata.
12.00 - 12.30	CO21-C24 - Combinación de modelos de pronósticos de suavización y máximos para la determinación de políticas de abastecimiento.
12.30 - 13.00	CO21-C27 - Mejora continua y simulación aplicados a un proceso de preparación de pedidos de pyme textil.

Innovación. Gestión de Productos. Emprendedorismo. Ingeniería Industrial

11.20 - 11.40	CO21-E15 - Análisis de viabilidad técnica para el uso de Cobots en pymes manufactureras: un caso de estudio.
11.40 - 12.10	CO21-E16 - Construyendo hoy el futuro sustentable con paneles aislantes.
12.10 - 12.30	CO21-E17 - Ensayo con hidrogeno en turbina a gas K-100.
12.30 - 13.00	CO21-E23 - Máquinas con Soporte Vectorial para estudiar el riesgo crediticio en los Microcréditos en el Perú.

La Educación en la Ingeniería Industrial

11.00 - 11.20	CO21-F16- Análisis de la intervención ergonómica en contexto de pandemia. Una mirada sobre la enseñanza virtual de la ergonomía en la UTN/FRBA.
11.20 - 11.50	CO21-F23 - Adquisición de competencias profesionales en la replicación del análisis exergético de centrales termoeléctricas provenientes de artículos científicos.
11.50 - 12.20	CO21-F25 - Definición del Perfil del Ingeniero Industrial 2025-2030.

Industrias 4.0, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas Industriales y Economía del Conocimiento

11.30 - 12.00	CO21-G03 - Industria 4.0: Cambios en el control del trabajo en las organizaciones.
12.00 - 12.30	CO21-G04 - Modelos de madurez e implementación en industria 4.0 análisis de alternativas y nivel de implementación.
12.30 - 13.00	CO21-G07 - Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires.

Gestión de Operaciones y Logística

11.00 - 11.30	CO21-C28 - Optimización de la cadena de suministro forestal para la producción de bioenergía y productos de alto valor agregado integrando decisiones de planificación forestal.
11.30 - 12.00	CO21-C30 - Pronóstico del consumo de conservas de pescado para un proyecto industrial pesquero.
12.00 - 12.30	CO21-C31 - Análisis de las etapas de un proceso de manufactura de papel aluminio a partir de un estudio de tiempos.
12.30 - 13.00	CO21-C32 - Gestión de la cadena de suministros para mejorar los procesos de abastecimiento y distribución de bienes y alimentos en comedores populares, en el escenario de la pandemia COVID 19

Innovación. Gestión de Productos. Emprendedorismo. Ingeniería Industrial

11.00 - 11.20	CO21-E24 - Uso de nanopartículas de plata para el desarrollo de textiles funcionales.
11.20 - 11.45	CO21-E26 - Simulación de laminación de tubos sin costura: paso peregrino y trefilado.
11.45 - 12.00	CO21-E27 - Adaptación de lámparas led comerciales estándar de 14W para ser dimerizadas.
12.00 - 12.30	CO21-E29 - Diseño de nuevos productos centrado en la sustentabilidad: caso de estudio del sistema de recolección de heces caninas.
12.30 - 13.00	CO21-E32 - Asistente mecánico para respirador AMBU.

La Educación en la Ingeniería Industrial

11.00 - 11.30	CO21-F26 - Exploración de causas de la resistencia o dificultad de los estudiantes en la planificación de una estrategia.
11.30 - 11.45	CO21-F28 - Actividad dinámica colaborativa virtual aplicada en una materia integradora.
11.45 - 12.05	CO21-F30 - Estrategias y técnicas específicas para el aprendizaje de la ingeniería, implementando el diseño por competencias en un trayecto formativo .
12.05 - 12.15	CO21-F31 - El impacto de la simulación dentro de las plataformas educativas. Enfoque desde los modelos de negocios.
12.15 - 12.30	CO21-F32 - Una propuesta académica para una carrera universitaria en modalidad semi presencial.

Industrias 4.0, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas Industriales y Economía del Conocimiento

11.00 - 11.30	CO21-G10 - Modelo Internacional Online de Industria 4.0 para el Desarrollo Productivo de las PyMES. Caso de Estudio Argentina-México.
11.30 - 12.00	CO21-G11 - Técnica de 'Least Mean Squares' aplicado a 'Power Line Communcation' para monitorear un aerogenerador ubicado en una zona remota con clima severo de la Patagonia Austral.
12.00 - 12.30	CO21-G16 - Herramienta de Evaluación de TICs para determinar el nivel de desarrollo tecnológico en la Industria.
12.30 - 13.00	CO21-G17 - Comparación y análisis de las propiedades mecánicas y dimensionales de piezas poliméricas conformadas por FDM y moldeo por inyección para la generación de un protocolo de impresión para la obtención de resultados homogéneos.

Prólogo por Guillermo Valvano

En 2019 nos propusieron realizar el COINI 2020 en la UTN Facultad Regional Buenos Aires, *“ustedes tienen que organizar el mejor Congreso de la historia”*, nos dijeron. Aceptamos ese desafío y nos lo pusimos como objetivo.

Armamos un equipo de colaboradores que desde el primer momento pensó en cada detalle de lo que -hasta marzo de 2020- iba a ser un evento masivo, con profesionales de primer nivel.

Ya estábamos realizando las primeras comunicaciones, invitando a los colegas a participar, cuando irrumpió la pandemia y nos obligó a poner un freno y tomarnos un tiempo para pensar cómo transformar un evento que habíamos pensado para intercambiar saberes, pero también de camaradería, en el que nos íbamos a encontrar con colegas de otras provincias y países, a los que íbamos a llevarlos a conocer nuestra ciudad, a disfrutar del tango, de un buen asado y tantas otras ideas que habíamos planificado.

Si bien en 2020 no lo llevamos adelante, en 2021 nos propusimos hacerlo aprovechando las enseñanzas que un año de trabajo en la virtualidad nos había dejado más el aporte de la Facultad Regional de San Rafael, Mendoza que realizó en 2020, el primer COINI totalmente virtual.

Planificamos un evento híbrido -aún con el temor de que un rebrote nos obligara a barajar y dar de nuevo-. Ser anfitriones, para nosotros, es abrir las puertas de nuestra casa, atender a nuestros invitados, estar en cada detalle. No queríamos resignar esa característica porque es parte de nuestra identidad.

Brindar las conferencias magistrales en el Aula Magna de nuestra Facultad fue nuestra manera de decirles a cada uno de los asistentes: “Bienvenidos a la UTN Buenos Aires”.

Las personalidades más destacadas del ámbito de la Educación Superior ofrecieron conferencias en el COINI 2021, como el Ing. Rodolfo Tecchi, Presidente del Consejo Interuniversitario Nacional; el Dr. Rodolfo De Vicenzi, Presidente Consejo de Rectores de Universidades Privadas.

En el plano técnico contamos con especialistas de la talla de la Dra Loecelia Ruvalcaba Sánchez, del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial de México; el Dr. en Física Walter Legnani, Director del Centro de Procesamiento de Señales e Imágenes de la UTNBA, y tantos otros que le dieron una solidez al intercambio que se produjo en el Congreso, pocas veces visto.

Y como ser anfitriones también implica, para nosotros, que nuestros invitados se sientan a gusto, que disfruten y encuentren momentos de relajación en jornadas virtuales extensas, nos propusimos brindarles conferencias con personalidades del Deporte, la Ciencia y la Tecnología que les dieran ese espacio para despejarse: nos acompañaron Raúl Gamez, Juan Manuel “el Rifle” Varela, el Ing. Gustavo Auyero, la Dra Gabriela Henning, el Dr Ricardo Armentano, entre otros.

El COINI 2021 fue un Congreso en el que pudimos ganarle a la virtualidad y hacer sentir a cada uno de los asistentes y expositores la solidez técnica y académica, junto a la calidez que caracteriza a la UTN Buenos Aires.

Fue un orgullo para mí presidir este COINI, por eso agradezco al equipo técnico y administrativo que me acompañó en todo momento, al igual que a las autoridades de la AACINI y de la UTN Buenos Aires, porque el éxito de este Congreso fue en gran parte gracias a ellos.

Creo que lo mejor está por venir, es un estilo de vida; pero estoy seguro de que este COINI quedará en la historia porque logramos convertir una situación adversa en una oportunidad para mejorar y contar con especialistas de todo el mundo.

Agradezco a todos y cada uno de los que hicieron que este evento fuera inolvidable.

COINI
2021



ING. GUILLERMO VALVANO

Director del
Departamento
de Ing. Industrial
F.R. Buenos Aires

 **UTN.BA**
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Reseña por Ing. Guillermo Oliveto

Historia de F.R. Buenos Aires

La UTN Buenos Aires es una de las 30 Facultades Regionales de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de Argentina. De gran prestigio académico y profesional, tanto a nivel nacional como internacional, la UTNBA tiene un fuerte compromiso con la educación pública de excelencia.

En sus dos sedes de grado, Medrano y Campus, estudian más de 14.000 alumnos, distribuidos en 9 especialidades: Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Naval, Ingeniería Química, Ingeniería en Sistemas de Información, e Ingeniería Textil. Todas las asignaturas de las diferentes carreras se dictan en los tres turnos (mañana, tarde y noche), lo que permite que el alumno pueda adaptar sus horarios de cursada para compatibilizarlos con su trabajo u otras actividades.

La UTN Buenos Aires ofrece a sus alumnos laboratorios de última generación, aulas equipadas con proyectores, conexión a internet, un área de orientación a estudiantes con discapacidad con la finalidad de acompañarlos en sus trayectorias educativas, aulas con anillo acústico, amplias bibliotecas con mesas pizarras, bufete, lactario, y espacios verdes.

Entre los servicios que brinda a sus estudiantes se encuentran: prácticas deportivas, programa de tutorías, convenios para intercambio estudiantil, becas de investigación, becas de ayuda económica, posibilidades de incorporarse a distintos proyectos sociales y de voluntariado.

La Facultad cuenta, además, con un área de Compromiso Social Universitario desde la cual se ofrece acompañamiento a sectores vulnerables de la sociedad; un Protocolo de Género que resguarda a las víctimas de violencia de género y establece capacitaciones para todos los miembros de la comunidad, con el objetivo de eliminar ese tipo de situaciones; y un Área de Acción Social que organiza campañas solidarias, entre otros.

Historia

La Universidad Tecnológica Nacional tiene su origen en la Universidad Obrera Nacional, creada a través de la Ley N° 13.229, sancionada el 19 de agosto de 1948 luego de extensos debates, promulgada el 26 y publicada en el Boletín Oficial el 31 de agosto del mismo año.

Sin embargo, la Universidad Obrera Nacional nació tiempo antes, por una iniciativa del Ingeniero Pascual Pezzano, profesor de Tecnología Mecánica de la Escuela Industrial Otto Krause. Pezzano, autor de libros especializados, viajó a Europa para visitar los mejores politécnicos del mundo. A su regreso desarrolló un proyecto de creación de un Instituto Técnico Superior para los egresados de la escuela Otto Krause que quisieran continuar los estudios en su especialidad. En esos años no existía la Facultad de Ingeniería de la UBA (fundada en 1952), y la especialidad se estudiaba en la Facultad de Ciencias Exactas. Los egresados de escuelas técnicas no tenían ingreso directo: sino que debían rendir casi 17 materias equivalentes en los colegios nacionales para proseguir con sus estudios superiores.

En esta coyuntura, el proyecto del Ing. Pezzano era realizar un curso de nivel universitario, de cinco años de duración, con horario vespertino, para que los técnicos que ejercitaban su profesión de nivel medio pudiesen alcanzar el diploma de ingeniero sin dejar de lado sus ocupaciones. Allí estaba la génesis de la Universidad Obrera nacional. Este proyecto fue la pieza fundacional de lo que es hoy la Universidad Tecnológica Nacional.

CoINI
2021



ING. GUILLERMO OLIVETO

Decano
F.R. Buenos Aires

 **UTN.BA**
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

El “Proyecto Pezzano”, tal como se lo conocía en aquellos años, quedó archivado hasta que, durante el primer mandato del presidente Juan Domingo Perón, el mismo profesor Pezzano se ocupó de reactivarlo, sosteniendo que la formación de un buen ingeniero debe tener dos componentes: un estudio teórico de alto nivel, más una actividad práctica cumplida en alguna industria o entidad adecuada. Uno de los principales objetivos del Primer Plan Quinquenal era ordenar la educación técnica, para lo que se creó la Comisión Nacional de Aprendizaje y Orientación Profesional (CNAOP) en 1944.

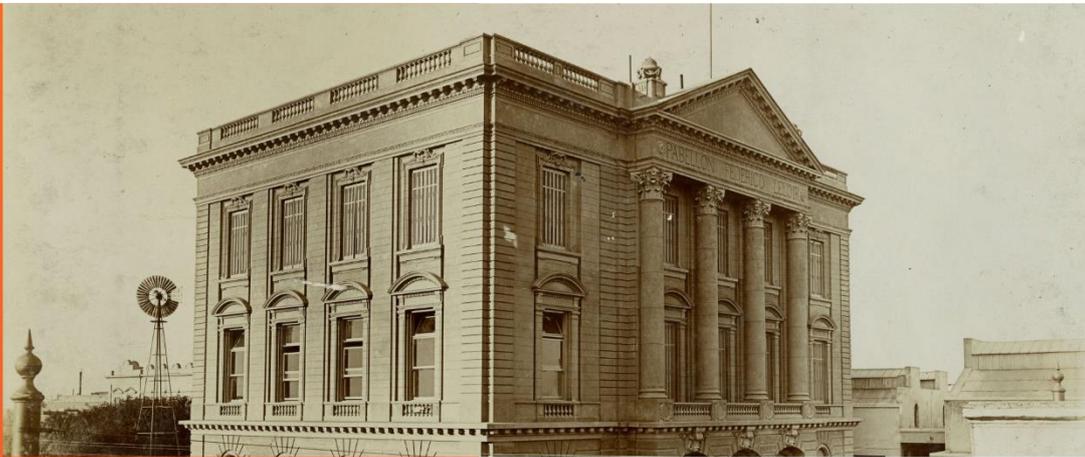
Si bien el acto fundacional efectivo de la Universidad Obrera Nacional se llevó a cabo el día 17 de marzo de 1953, su creación se había producido más de cinco años antes, al ser promulgada la Ley 13.229. Dependiente de la CNAOP, la universidad Obrera estaría constituida por distintas Facultades Regionales. Su gobierno sería ejercido por un Rector, nombrado por el Poder Ejecutivo Nacional por tres años, con posibilidad de reelección. Se exigía que este funcionario sea argentino, obrero y egresado de la Escuela Sindical dependiente de la CGT.

Finalmente, la Universidad Nacional Obrera abrió sus aulas el 17 de marzo de 1953 mediante las Facultades Obreras Regionales de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Rosario y Santa Fe. La particularidad de regionalizar las facultades fue ideada con el fin de lograr mayor pregnancia en las ciudades más importantes del país, según las necesidades productivas y la estructura económica de cada lugar.

El nombre original de la Universidad Obrera identificaba su principal objetivo: formar entre los trabajadores de fábrica del país personal altamente capacitado para la industria nacional, a través de las escuelas técnicas de nivel de enseñanza medio, y de la Universidad Obrera en el nivel Superior. En aquellos años, el estudiante se graduaba de Ingeniero de Fábrica para las diferentes especialidades industriales, con un Título Intermedio de Técnico de Fábrica, que obtenía a los tres años de estudio.

Facultad Regional Buenos Aires

El inicio de las actividades en la Facultad Regional Buenos Aires, el 17 de marzo de 1953, simbolizó un avance muy significativo en el campo de la educación tecnológica de nuestro país, ya que desde esta Regional se realizaron las primeras grandes innovaciones en educación técnica. En el Aula Magna del edificio de Medrano estuvo presente el por entonces presidente de la Nación, Juan Domingo Perón, quien dictó una clase magistral como Profesor Honorario de la Institución.



En aquellos primeros años, el edificio de la calle Medrano, actual sede de la UTN.BA, era compartido entre el Rectorado de la UTN y la propia Regional. El primer Decano de la UTN.BA fue el Ing. César Mazzetti, quien ejerció su cargo hasta el año 1958. Fue depuesto por la autoproclamada Revolución Libertadora, liderada por el General

Pedro Eugenio Aramburu, quien designó en su lugar al Ing. Daniel Brunella. Fueron años de crisis para la Universidad en su conjunto, ya que corrió el riesgo de desaparecer. Sin embargo, la Universidad logró superar estos años de incertidumbre, y la UTNBA tuvo una destacada participación en este resurgimiento, cuando fue designada como Secretariado Nacional de la Primera Junta General de Estudiantes, en 1956.

En 1960, con nuevas autoridades, se realizó la Primera Colación de Graduados. Fueron destacados 412 nuevos profesionales en las especialidades: construcción; electrónica; eléctrica; metalúrgica; mecánica; química; textil; y naval. En los años sucesivos se destacó la gestión del Decano Ing. Carlos Alfredo García, personalidad decisiva en la gran expansión que la Facultad tuvo en la década del '60.

La década del '70 marcó a fuego la historia política de nuestro país. Al tratarse de un ámbito tan crítico como el de la educación universitaria, estas convulsiones tuvieron repercusiones en la UTN.BA, que pasó por constantes cambios de autoridades durante esos años. En 1973 asumió como Decano el Ing. Juan

Carlos Arancibia, sucedido por los ingenieros Julio Manuel Villar, José Manuel Puceiro, Héctor Mantellini y Carlos Luis Sabbadini. En 1976, con el ascenso de un nuevo gobierno de facto conformado por la Junta Militar, la UTNBA fue intervenida a través del Vicecomodoro Roberto Echegoyen. Nuevamente la Universidad estuvo a punto de desaparecer. Hasta el retorno de la democracia, en 1983, el Decanato estuvo a cargo del Lic. Roberto Devoto y del Dr. Atilio Cicchini.

En 1983 se realizó la primera elección de la historia del Centro de Estudiantes de la UTN.BA. En 1985, cuando finalizó el llamado período de normalización, se eligieron las autoridades de la Facultad, por primera vez mediante Asamblea. Fue nombrada Decana la Ing. Rosa M. De Breier, quien ejerció su cargo hasta 1989, año en que asumió como Decano el Arq. Luis Ángel De Marco.

En diciembre de 2009 asumió el Ing. Guillermo Oliveto, primer Decano graduado de esta Casa de Altos Estudios, quién fue reelecto en 2013, 2017 y 2021.



Palabras de Bienvenida Miguel Angel Risetto

*"Que otros se jacten de las páginas que han escrito;
a mí me enorgullecen las que he leído"*
Jorge Luis Borges

Tengo el orgullo de hacer este prólogo para la nueva edición Libro de Memorias del XIV COINI 2021, nuestro tradicional **Congreso Internacional de Ingeniería Industrial**, organizado por la AACINI, Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines y por la Facultad Regional Buenos Aires, de la Universidad Tecnológica Nacional.

Para quienes no nos conocen, la AACINI es la Red que nuclea a todas las carreras de la especialidad del país –más de 60-, y en 2021 cumplió 10 años como referente de las mismas ante el CONFEDI, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.

Este Libro incluye los resúmenes y trabajos que se presentaron en el COINI 2021 durante los 6 días en que se desarrolló el Congreso. Se ofrecieron también más de 20 conferencias y talleres excepcionales, actividades como el 2do Encuentro Internacional de Directores y Referentes de Ingeniería Industrial –EID-, las 2da Jornada Internacional de la Mujer –JIM-, la acostumbrada Reunión de Directores de Carrera de la República Argentina y muchas otras.

Todas estas actividades fueron virtuales –por las condiciones vigentes de pandemia- llegando de este modo a casi 20 países de Latinoamérica y también a España. Así, más de 500 personas pudieron participar e interactuar sincrónica y asincrónicamente en el marco de amistad y cordialidad que caracteriza al COINI.

Esto fue posible mediante el soporte tecnológico proporcionado por nuestro partner VirtualEd y su plataforma, ya implementada exitosamente en el COINI 2020 de la UTN FR San Rafael.

Y esta modalidad virtual llegó para quedarse, y se potenciará además con la posibilidad de la vuelta a la presencialidad en el 2022, pudiendo retomar lo que distingue a los COINI, que es el encuentro entre amigos, compartiendo momentos y vivencias, que jamás podrán reemplazarse por una imagen digital.

Para concluir, es mi ferviente deseo que con este Libro y la nueva Revista AACINI–Rii de Ingeniería Industrial -indexada- sigamos creciendo en la producción de conocimiento, para aportar a la calidad de la Ingeniería Industrial y de la educación toda, **pero fundamentalmente, para contribuir a ser mejores personas para hacer un mundo mejor.**

Podrán disfrutar en estas Memorias de una demostración científica y académica de excepción, con temas gestión, de innovación, técnicos y de economía, de emprendedorismo, de educación, y otros que hacen de estas un material de lectura apasionante.

Miguel Ángel Risetto
Presidente AACINI

“No es preciso tener muchos libros, sino tener los buenos.” Séneca

Agradecimientos:

A los autores de los trabajos que integran este Libro de Memorias del COINI, por haber confiado en nuestra publicación.

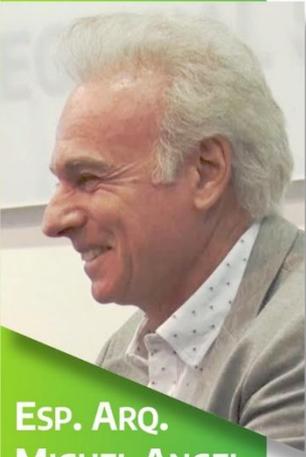
A a los Directores de Carrera de Ingeniería Industrial de la República Argentina, al CONFEDI y demás Auspiciantes nacionales e internacionales del COINI y a VirtualEd por apoyar siempre con tan buena disposición a la Red AACINI y sus eventos.

A los asistentes en general -investigadores, docentes, alumnos, autoridades, funcionarios, conferencistas y expositores- argentinos y de los países hermanos de Latinoamérica y España por su participación en el COINI 2021.

A la Facultad Regional Buenos Aires y autoridades por ser Sede del evento.

A los integrantes de la Comisión Directiva AACINI, los Coordinadores, evaluadores e integrantes del Comité Científico y Editorial del COINI/AACINI, los más de 100 evaluadores y a la Editorial EduTecne, de la Universidad Tecnológica Nacional -y a su Rector Ing. Rubén Soro-, por la publicación de este libro.

COINI
2021



ESP. ARQ.
MIGUEL ANGEL
RISETTO

Presidente AACINI
Asociación
Argentina de
Carreras de
Ingeniería
Industrial



Comisión Directiva AACINI



ESP. ARQ. MIGUEL ANGEL RISETTO
Presidente AACINI
UTN FR Avellaneda - Rectorado



ING. JORGE A. MOHAMAD
Vicepresidente AACINI
UCA CABA



ESP. ING. PEDRO A. BASARA
Secretario General AACINI
UTN | UNDAV



ING. JULIÁN EDGARDO VELA
Pro Secretario AACINI
UTN FRA



LEÓN NATALIO HOROWICZ
Tesorero AACINI
UBA



DR. ING. RUBÉN MARIO LURBÉ
Pro Tesorero AACINI
FR SC



ING. EDUARDO JUAN DE MARIA
Primer Vocal Titular AACINI
UNLaM



ING. ADRIÁN GUILLERMO HERZ
Segundo Vocal Titular AACINI
UBA



ING. FEDERICO MENIZÁBAL
Cuarto Vocal Titular AACINI
U Morón



aacini
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS
DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Comité de Evaluaciones

Comité de Evaluaciones

Mg. Ing. Iván Barón | Director del Comité de Evaluaciones

Ing. Juan Ignacio Sáenz | Coordinador General del Comité de Evaluaciones

Mg. Ing. Edgardo. Boschín | Coordinador de Área: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria

Ing. Jéscica. Romero | Coordinadora de Área: Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional

Mg. Ing. Ariel Antonio Morbidelli | Coordinador de Área: Gestión de Operaciones y Logística

Ing. Bruno Romani | Coordinador de Área: Gestión Económica

Mg. Ing. Antonio Morcela | Coordinador de Área: Innovación y Gestión de Productos

Ing. Lucas Pietrelli | Coordinador de Área: La Educación en la Ingeniería Industrial

Esp. Ing. Angel Quiles | Coordinador de Área: Emprendedorismo e Ingeniería Industrial

Evaluadores y Evaluadoras

MSc. Ing. Liliana Rosalinda Agustini
Paredes

Mg. Ing. María Belén Aramayo

Dr. Lic. Guillermo Andrés Arduino

MSc. Ing. Alejandro Cruz Aroca Bavich

Dra. Lic. María Velia Artigas

Dra. Lic. Eugenia Cristina Artola

Mg. Lic. Rafael Lujan Blanc

Ing. Jacqueline Andrea Bounoure

Dr. Ing. Néstor Caracciolo

MSc. Ing. Jorgelina Lucía Cariello

Mg. Ing. Nancy Alejandra Carrizo

Lic. Cecilia Castaños

MSc. Ing. Fredy Efrain Castillejo
Melgarejo

Lic. Mara Lis Catalano

Dr. Ing. Carlos María Chezzi

MSc. Ing. Franco Chiodi

Esp. Lic. Marcelo Fernando Cinalli

Mg. Ing. Rodolfo Saul Cohen

Ing. María Eugenia Compagnoni

Esp. Ing. Soraya Ivonne Corvalán

MSc. Cont. Romina Evelin Couselo

Esp. Ing. Mario Gabriel Crespi

Mg. Ing. Eugenio Rubén Cruz

Mg. Ing. María Victoria D Onofrio

Esp. Ing. Isolda Mercedes Erck

Esp. Ing. Alejandra María Esteban

Esp. Lic. María José Esteves Ivanissevich

Mg. Lic. Noemí María Ferreri

Dr. Ing. Diego Martín Ferreyra

MSc. Mst. Fernando De Jesús Franco
Cuartas

Lic. María Laura Gallegos

Esp. Ing. Alejandra Ivana García

Mg. Lic. Daniela Nora Gomez

Esp. Ing. Fabian Gon

Dr. Ing. Rafael Granillo-Macias

MSc. Lic. Elisabeth Ruth Herrería

MSc. Ing. Lucas Herrero

M.Sc.A. Ing. Carlos Roberto Ibáñez Juárez

Esp. Ing. Fernando Javier Imaz

Ing. María Florencia Jauré

Ing. Mario Jaureguiberry

Ing. Juan Francisco Jaurena

Mg. Ing. Sebastián Federico Kolodziej

Ing. Sebastián Laguto

Dr. Ing. Ruben Mario Lurbe

Dra. Lic. Graciela Analía Mansilla

Dr. Ing. Mario José Mantulak

Esp. Ing. Carlos Eduardo Marcos

MSc. Lic. Dora Griselda Matana

Esp. Ing. Luca Mavolo

Ing. Javier Angel Meretta

Dr. Ing. Juan Carlos Michalus

MSc. Ing. Julieta Migliavacca

Dra. Lic. Claudia Minnaard

MSc. Ing. Antonio Morcela

MSc. Ing. Oscar Antonio Morcela

Mg. Ing. Rodolfo Eduardo Neira

Esp. Ing. José Ignacio Nicolao García

Dr. Ing. Adolfo Eduardo Onaine

Mg. Lic. María Margarita Otero
Rodríguez

Dra. Lic. Hermes Yesser Pantoja
Carhuavilca

Mg. Ing. Juan Andrés Perez

Esp. Ing. Ricardo Rezzonico

Mg. Ing. Geraldina Roark

MSc. Ing. Claudia Rohvein

Esp. Ing. German Rossetti

Dra. Lic. Ma. Loecelia Ruvalcaba Sánchez

Dr. Ing. Fernando Salazar

MSc. Ing. Jorge Senn

Dr. Ing. Juan Cancio Suarez Fuentes

Esp. Ing. Luciana Tabone

Esp. Ing. Silvia Beatriz Urrutia

Esp. Ing. Carlos Adrián Vecchi

Dr. Ing. Jorge Eduardo Viel

Esp. Ing. Bárbara Magdalena Villanueva

Mg. Ing. Claudia Zárate

Sistema de Evaluación



Los Trabajos presentados en el **14° Congreso Internacional de Ingeniería Industrial - XIV COINI 2021** son evaluados mediante doble arbitraje ciego por pares, en el cual los evaluadores no conocen la identidad de los autores y los autores no conocen la identidad de los evaluadores. El sistema de evaluaciones se encuentra formado por distintos actores que tienen a cargo distintas tareas:

Los Evaluadores: evaluar los trabajos en tiempo y forma (7 días) completando la grilla de evaluación; colaborar en la selección de trabajos destacados completando la grilla de calificación de trabajos. La tarea de los Evaluadores es fundamental para obtener publicaciones de alta calidad.

Los coordinadores de área: asignar evaluadores a cada trabajo presentado en su área asegurando el sistema de arbitraje doble ciego; realizar un seguimiento de los tiempos de respuesta de los Evaluadores; enviar y recibir mail de los Evaluadores; informar los resultados al coordinador general.

El coordinador general: responder todas las inquietudes de los autores referidas a sus trabajos presentados al congreso, enviar y recibir comunicaciones a los autores; enviar y recibir comunicaciones a los coordinadores de área; colaborar con la organización general del congreso; atender y coordinar todo el proceso de evaluaciones.

El comité: supervisar que cada parte del sistema de evaluaciones cumpla con sus tareas; definir la aceptación, rechazo o cambio de área temática de los trabajos pre-inscriptos; seleccionar los trabajos destacados.





Revista de AACINI

AACINI-RIII

[Link](#)

Desde el Comité de publicaciones de la AACINI, llegamos a Ustedes para informarles que está en línea la **Revista Internacional de Ingeniería Industrial**, la encuentran como <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII> ya hemos publicado 4 números y hemos logrado la indexación en LATINDEX y en la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

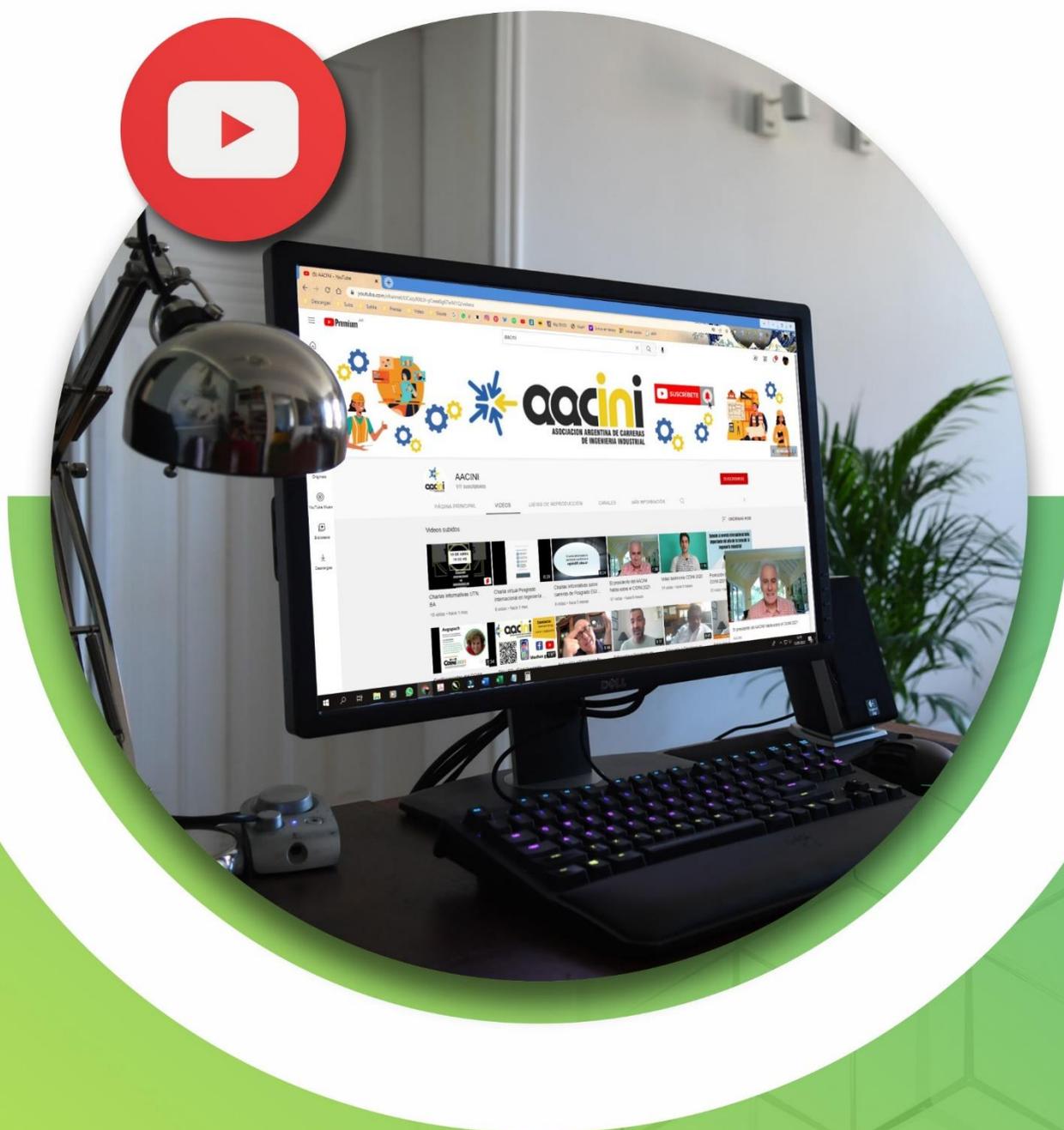
Merece destacarse el gran trabajo realizado por Antonio Morcela de la UNMdP, que fue el impulsor de la creación de la revista, creación que se decidió en el COINI de Río Gallegos en 2019 y se convirtió en una realidad gracias a su empuje y a la colaboración de Juan Saenz de la FRSR de la UTN.

Es un orgullo para la comisión Directiva de la AACINI haber logrado estos avances que esperamos sean acompañados próximamente por nuevas inclusiones en índices que potencien el impacto de la revista y por ende de los artículos en ella publicados.

Invitamos a los autores a presentar artículos para evaluación y posterior publicación.

Canal de AACINI

Los invitamos a suscribirse al canal de youtube para revivir contenido destacado de las distintas ediciones de COINI. Accede a todo el contenido desde el siguiente enlace. [Link](#)





Patrocinador
Tecnológico

VirtualEd
Tecnología en Educación

virtualed.com.ar



Área A



Gestión de la
Calidad, Calidad
Ambiental, Higiene
y Seguridad
Industrial,
Responsabilidad
Social Empresaria

Título del Trabajo	Código
Consumo sostenible del agua: metodología para la determinación del consumo real	CO21-A04
Seguridad de máquinas: el proceso lógico aportado por las normas internacionales	CO21-A05
Una Experiencia de Desarrollo de Cándida Utilis en Efluentes de Industria Sucro-Alcoholera	CO21-A06
Evaluación del Ciclo de Vida Útil de los Vertederos, Influencia de la correcta Gestión de los RSU	CO21-A07
Una Metodología para Evaluar las Medidas de Control para Peligros Significativos en la Producción de Frutillas Congeladas del Trabajo	CO21-A08
Six Sigma y Costos de Calidad en el Sector Vitivinícola. El Caso de Bodega Chandon en Mendoza	CO21-A10
Contexto Productivo y Medioambiental de la Industria Nacional e Internacional del Mármol: Problemas y Soluciones hacia una Industria Sostenible	CO21-A12
La Gestión de los Residuos durante la Campaña de Vacunación contra COVID-19	CO21-A15
Optimización de la Síntesis y Diseño de Playas de Tanques de Sustancias Inflamables poco Volátiles Considerando la Seguridad	CO21-A20
Herramientas para la Aplicación de la Mejora Continua en PYMES	CO21-A21
RSU – Capacidades Sociales y Financieras en Jóvenes Infractores: El Caso del Centro El Redentor en Bogotá – Colombia	CO21-A22
Estimación de Distancias Seguras Frente a la Ocurrencia de una Explosión Blevé en Función de Variables Operativas/ de Diseño.	CO21-A23
Tendencias a Nivel Internacional Respecto a la Movilidad Urbana Sostenible	CO21-A24

Consumo Sostenible del Agua: Metodología para la Determinación del Consumo Real

Moreno, Valeria K.*; Alfarano, Javier; Freytes, Mariano; Monasterolo, Nicolás; Coggiola, Mauricio

*Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
valeriakmoreno@gmail.com*

RESUMEN

Mediante el presente proyecto se desarrollará un Manual de Buenas Prácticas, enfocado en proponer alternativas para el consumo sostenible del agua a nivel residencial. El primer objetivo se basa en definir un hogar tipo y evaluar su consumo diario y mensual de agua. Para llevarlo a cabo se analizarán datos poblacionales, climatológicos y de consumo. La investigación se enfoca en la República Argentina, dividiéndola en Región Norte, Centro y Sur.

Actualmente se presenta una gran dificultad para el cálculo de la variable mencionada debido a la falta de información y datos referidos a los consumos de agua que existen en el país. Es por esto que se plantea la propuesta de implementar diferentes metodologías y usos de distintas herramientas que permitan determinar el consumo con la mayor exactitud posible.

De esta manera, se realiza un estudio en dos etapas: la primera, una recolección de datos mediante la investigación de diversas fuentes, la obtención de datos reales derivados de micromediciones en una ciudad y la formulación de una encuesta para obtener parámetros de consumo. La segunda etapa consiste en ajustar y validar los datos globales obtenidos de fuentes oficiales, utilizando los valores de las mediciones, encuestas y demás información importante.

Como resultado de la metodología aplicada se observa cómo, a partir de los datos escasos y de baja precisión sobre el consumo de agua en el país, es posible estimar valores con menor distorsión sobre el consumo por región que permita realizar los estudios bases para la redacción del Manual.

Palabras Claves: Consumo sostenible, metodología de cálculo, buenas prácticas, agua residencial

ABSTRACT

Through the current project, a Good Practices Manual is developed, which has the main objective of the definition of alternatives for the sustainable consumption of water at the residential level. The first goal is the definition of the typical argentine household. This includes evaluating the daily and monthly water consumption, and for this purpose, country population, weather, and consumption data are analyzed. The research focuses on the Argentine Republic, sectorizing the country into North, Central, and South Regions.

There exists a great difficulty calculating the mentioned variables due to the lack of information referring to water consumption in the country. For this reason, it is developed a novel methodology that allows the determination of the water consumption as accurately as possible.

In this way, a study is carried out in two stages: in the first stage, a data collection, research from various sources, by obtaining real data derived from micro-measurements in a city, and the formulation of a survey to obtain consumption parameters. The second stage consists of validating the data obtained from official sources, using the values of measurements, surveys, and other important information.

As a result of the applied methodology, it is possible to estimate values with less distortion on consumption by region, despite the scarce and low-precision data on water consumption obtained at first. This allows conducting the basic studies for the writing of the Good Practises Manual.

Keywords: Sustainable consumption, calculation methodology, good practices, residential water

1. INTRODUCCIÓN

El sector de agua y saneamiento de Argentina presenta brechas significativas en materia de cobertura, calidad y eficiencia de los servicios. En base a estimaciones del Ministerio de Obras Públicas, en el año 2019, el 88% de la población contaba con acceso a agua por red y el 63% a cloacas. Sin embargo, en el caso particular de los barrios populares, el acceso formal a servicios de agua y cloacas alcanza sólo al 11,6% y 2,5%, respectivamente. Por otra parte, cerca de 2.6 millones de personas habitan en zonas rurales dispersas, con un alto déficit en el acceso a servicios básicos, donde un 11% recolecta agua superficial y un 18% utiliza hoyos o excavaciones en la tierra. [1]

La necesidad del uso de medidores que permitan cuantificar los consumos reales del agua en los hogares es elevada, a tal punto que llega a ser uno de los principales causantes del derroche de este recurso escaso, conduciendo a un elevado consumo diario por habitante. Además, la falta de estudios y datos que puedan proporcionar distintos organismos públicos referidos a consumos, abastecimientos, promedios diarios u otro tipo de datos relevantes correspondientes al agua llegan a ser sustancialmente bajos.

La ausencia del instrumento de medición y de la información disponible generaron dificultades para conocer y determinar los consumos diarios y mensuales del agua en los hogares. Estos sirven como punto de partida para llevar a cabo los análisis y posterior formulación de propuestas para un consumo sostenible, correspondientes al desarrollo del Manual de Buenas Prácticas.

De lo último redactado surge la necesidad de llevar a cabo la elaboración de una Metodología que sirva como herramienta para obtener un resultado estimado que se asemeje en la mayor medida posible a la realidad. Esta variable a obtener son los consumos de agua diarios promedio por habitante de las distintas provincias que conforman la República Argentina, a partir de ellos, se podrá definir un Hogar Tipo para cada Región de estudio. Sobre la definición de esta metodología, y los resultados obtenidos a partir de ella, se basa el presente paper.

2. METODOLOGÍA

La metodología implementada se basa en la realización de un estudio en dos etapas.

La primera etapa, se caracteriza por una recolección de datos mediante la investigación de diversas fuentes, como, por ejemplo, organismos oficiales; la obtención de datos reales derivados de micromediciones en una ciudad de la provincia de Córdoba, y la formulación de una encuesta para obtener diferentes parámetros de consumo. [2-26]

La segunda etapa consiste en ajustar y validar los datos globales obtenidos de fuentes oficiales, utilizando los valores de las mediciones, encuestas y demás información relevante.

Como resultado de la metodología aplicada se observa que es posible estimar valores con menor distorsión sobre el consumo de agua a nivel domiciliario, tanto a nivel provincial, como regional, y finalmente nacional.

2.1. Etapa 1: Recolección de datos

2.1.1. Investigación inicial.

Debido a que no existen actualmente informes oficiales sobre el consumo de agua residencial por habitante para cada localidad (a diferencia de otros servicios públicos, como, por ejemplo, la energía eléctrica), en esta primera etapa se realizará una búsqueda inicial sobre la información disponible en medios oficiales y periodísticos, con el objetivo de encontrar valores aproximados. Algunas de las fuentes utilizadas se mencionan a continuación: [2-26]

- Entes gubernamentales (municipios, provincias, etc.)
- Entidades públicas y privadas asociadas a la producción y distribución de agua potable.
- Medios periodísticos locales y nacionales.
- Consultoras.
- Cualquier otra fuente confiable que proporcione información pertinente.

Los datos relevados serán procesados convenientemente para obtener homogeneidad de unidades, a los efectos de poder representar los consumos totales para cada provincia en unidades de litros diarios por habitante.

Para aquellos casos donde los consumos obtenidos sean los totales de la localidad, provincia o región, será necesario estimar la población para obtener el consumo por habitante. El número de habitantes se obtendrá utilizando como base el censo nacional del 2010 afectado por el índice de crecimiento calculado por el INDEC para cada localidad en particular. [28]

2.1.2. Micromediciones.

En una segunda etapa, se buscará una provincia o ciudad que disponga de medidores de consumo de agua domiciliario y que los valores medidos sean de acceso público.

A partir de los datos relevados, se podrá calcular el consumo promedio diarios de litros de agua por habitante. También se podrá analizar las fluctuaciones del consumo de agua entre los diferentes meses del año, lo que permitirá definir si su comportamiento es estable o si existe algún factor que modifica su perfil de demanda.

Además, esta etapa permitirá realizar la comparación entre aquellos hogares que poseen incorporados medidores y los que no, que corresponden a la mayor proporción dentro del país. Observaciones y análisis de fuentes indican que las ciudades en donde sus domicilios poseen medidores tienen un perfil de consumo mucho más responsable.

2.1.3. Formulación de la encuesta.

La implementación de la encuesta tiene como finalidad lograr determinar las demandas de agua reales de cada encuestado, teniendo en cuenta una serie de patrones que se consideran aquellos habituales del consumo del agua en un hogar. De esta manera, a partir de dichas respuestas y resultados se logra contar con otra fuente de datos que permitan ser comparados con los obtenidos de la investigación y recolección de la etapa anterior, y validar que el cálculo estimado de los consumos diarios promedio por habitante es cercano a la realidad.

La encuesta se basa en hacer foco en los principales consumos de agua que existen en un hogar. A partir de dichos hábitos, se debe conocer en qué medida la persona encuestada lleva a cabo esos consumos, en donde las variables fundamentales que permiten el cálculo correspondiente son: [24]

- Cantidad de veces de utilización de un artefacto que demanda agua, o las cantidades de veces en el que se lleva a cabo una actividad que requiere su consumo. Esto se determina en unidades en el día, semana, mes o año.
- Tiempo de uso. Expresado en minutos.

A partir de las respuestas obtenidas, en función de las variables mencionadas y según el tipo de consumo correspondiente, se deben definir parámetros estandarizados que permitan los cálculos necesarios para transformar los datos en cantidades de litros diarios consumidos por persona encuestada.

Estos parámetros se obtienen investigando distintas fuentes que contemplan estudios realizados sobre los consumos promedios de artefactos o hábitos comunes que requieren el uso del agua. Para el presente proyecto, se decidió utilizar los valores registrados en el Manual de Buenas Prácticas de Chile, por considerarlo el más completo que se encuentra de acceso público actualmente. [26]

Otros parámetros provienen del Ente Regulador de Agua y Saneamiento de la Nación (ERAS). [25]

2.2. Etapa 2: Análisis de la Información y Cálculo del Consumo

Como se mencionó previamente, la segunda etapa consiste en ajustar y validar los datos globales obtenidos de fuentes oficiales, utilizando los valores de las mediciones, encuestas y demás información importante.

A partir de ello, se determina el valor final de consumo diario por habitante, tanto a nivel nacional, como a nivel regional y provincial. Este valor será utilizado para la realización de estudios posteriores.

3. RESULTADOS

A continuación, se reflejan valores de los cuales fueron obtenidos a partir de procesamientos y razonamientos de los datos recolectados, con el fin de determinar el consumo de agua diario promedio por habitante.

3.1. Etapa 1: Recolección de datos

3.1.1. Investigación Inicial

En la búsqueda inicial de información oficial surgieron numerosos inconvenientes para la obtención de datos precisos.

Dada la diversidad de prestadores de agua potable domiciliar y su dispersión geográfica, resulta necesario una planificación estratégica y una gestión coordinada entre los entes ejecutores nacionales; la empresa Agua y Saneamientos Argentinos (AySA) en la región metropolitana de Buenos Aires, la Unidad Ejecutora Norte Grande en las 10 provincias del Norte Argentino y el Ente

Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA), así como con las provincias, municipios, cooperativas de servicios y organizaciones de la sociedad civil. [1]

Además de esta diversidad de prestadores, no existe en nuestro país un organismo oficial que centralice los datos sobre el consumo de agua por persona. Cada provincia, ciudad, e incluso localidad maneja sus recursos de manera descentralizada, por lo cual, los datos que se obtienen son diversos, la forma de medición varía de un proveedor a otro y es sumamente dificultoso encontrar datos reales sobre el consumo de agua por cada provincia de nuestro país.

Esto genera una mayor dificultad en la búsqueda de información real, y es por estas razones que, los datos que se obtuvieron de diversas fuentes, se organizaron en un archivo de Excel y se establecieron y aplicaron criterios para procesar y homogeneizar los datos recolectados.

Se puede mencionar la siguiente información obtenida: [2-23]

- Consumo estimado de la provincia: algunos gobiernos brindan cifras oficiales estimadas de consumo. Este valor se obtuvo partiendo no solo de datos que implican a la provincia en su totalidad, sino de cada localidad o municipio que se consideró relevante para la determinación del consumo provincial.
- Litros procesados por planta potabilizadora: Se buscó información sobre la gran mayoría de las plantas potabilizadoras del país, y se realizó un cálculo teniendo en cuenta:
 - Procesamiento de litros o metros cúbicos por día.
 - Cantidad de habitantes a los cuales abastece una determinada planta.
 - Sólo en este tipo de casos, se considera luego un porcentaje de pérdidas correspondientes a la red de distribución.

A continuación, se resume la información obtenida de una gran variedad de fuentes de información. [2-23]

Tabla 1 Consumo diario de agua por habitante. Información Inicial.

Provincia	Consumo diario por habitante [litros/día]	Provincia	Consumo diario por habitante [litros/día]
Buenos Aires	439	Misiones	390
Catamarca	420	Neuquén	476
Chaco	429	Río Negro	458
Chubut	530	Salta	414
Córdoba	361	San Juan	563
Corrientes	339	San Luis	554
Entre Ríos	457	Santa Cruz	359
Formosa	482	Santa Fe	454
Jujuy	294	Santiago del estero	312
La Pampa	300	Tierra del Fuego	443
La Rioja	308	Tucumán	279
Mendoza	449		

En este punto es necesario mencionar el alto porcentaje de pérdidas que existen en la red de distribución en todos los niveles de nuestro país. En el siguiente paso, al obtener micromediciones reales, se calcularon los valores promedios de pérdidas oficiales para un determinado período de año, los cuales se utilizarán en una siguiente etapa.

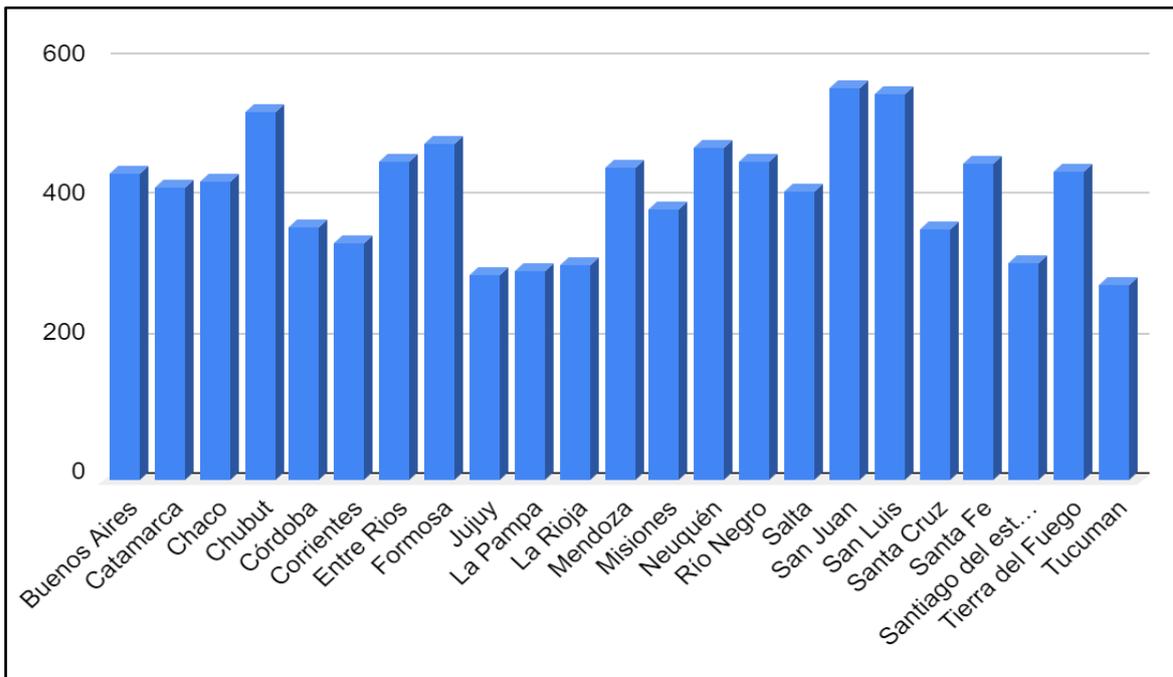


Figura 1 Consumo diario [Litros/habitante] promedio por provincia.

3.1.2. Micromediciones

Los valores que se obtuvieron para la aplicación de la metodología fueron suministrados por una cooperativa de producción y distribución de agua potable de una localidad ubicada en la región sureste de la provincia de Córdoba, a una distancia de 100 kilómetros de la capital. Es una ciudad de 11.000 habitantes aproximadamente y sus principales actividades económicas son la industrial y la agropecuaria.

En la tabla se encuentran ordenados mensualmente tanto las producciones de agua totales como los consumos micromedidos para cada una de las conexiones, además de la cantidad de estas últimas, el cociente entre ambas arroja como resultado los consumos por cada uno de los hogares.

Como primera apreciación, se puede observar que la producción total de agua está muy asociada a la época del año, pudiendo ver claramente que los meses más cálidos (diciembre a febrero), los valores se disparan, llegando a duplicar las mediciones que se obtienen en los meses invernales (junio a agosto). En segundo lugar, se puede apreciar que el consumo micro medido en los usuarios tiene un perfil aproximadamente constante, con leves caídas en los meses de otoño (esto puede estar asociado a que son meses que no hay temperaturas extremas y no existen demasiadas precipitaciones).

Tabla 2 Consumo de agua potable micromedida.

		ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20
Producción							
Agua Producida Total	m3/mes	249.715	243.966	165.734	124.785	123.344	122.614
Agua Micromedida	m3/mes	85.776	75.259	52.700	52.756	76.755	81.366
Nro. de conexiones del sistema	Un	5.309	5.323	5.332	5.352	5.359	5.379
Población Servida	hab.	11.809	11.809	11.809	11.809	11.809	11.809
Días	Día	31	28	31	30	31	30
Consumo por Hogar	l/día	521	505	319	329	462	504
Diferencia (Producción - consumo)	m3/mes	163.939	168.707	113.034	72.029	46.589	41.248
% de Pérdidas	%	66%	69%	68%	58%	38%	34%
		jul-20	ago-20	sept-20	oct-20	nov-20	dic-20

Producción							
Agua Producida Total	m3/mes	121.475	126.992	133.615	144.819	222.935	250.320
Agua Micromedida	m3/mes	77.124	66.533	76.436	88.209	82.409	85.605
Nro. de conexiones del sistema	Un	5.404	5.412	5.461	5.497	5.513	5.523
Población Servida	hab.	11.809	11.809	11.809	11.809	11.809	11.809
Días	Día	31	31	30	31	30	31
Consumo por Hogar	l/día	460	397	467	518	498	500
Diferencia (Producción - consumo)	m3/mes	44.351	60.459	57.179	56.610	140.526	164.715
% de Pérdidas	%	37%	48%	43%	39%	63%	66%

El valor a destacar es el porcentaje de pérdidas, el cual está definido como la diferencia entre la producción y el consumo. Analizando el perfil de la producción y teniendo en cuenta que la cooperativa no pudo proporcionar más información que la presentada en las tablas, se concluye que la variación de las pérdidas podría estar asociada a las siguientes causas:

- A mayor producción, el incremento del caudal podría elevar las pérdidas de manera no lineal, sino con un perfil más cercano a exponencial.
- Durante los meses de mayor temperatura hay mayor demanda de agua para usos no asociados al consumo domiciliario, como puede ser el riego de parques, humedecer los caminos de tierra o uso recreativo.
- Conexiones clandestinas.
- Instalaciones dañadas y que generan pérdidas extras hasta que son reparadas.

Por último, es de gran importancia demostrar que los consumos domiciliarios se modifican sustancialmente cuando se realizan las micromediciones, ya que el cobro por el servicio de agua está ajustado en función de la demanda. Esto puede verse reflejado en los valores de consumo promedio de esta localidad (unos 214 litros por persona por día, considerando los valores de la tabla), donde es mucho menor que el que se obtuvo en la capital provincial donde las micromediciones aún no se aplican (300 litros por persona por día aproximadamente), considerando que las condiciones climatológicas son las mismas.

En otro caso se demuestra los beneficios de los medidores respecto de un consumo responsable del agua, donde medios oficiales como Coopelectric (Cooperativa de Obras Sanitarias de Olavarría) resalta la gran reducción que alcanzaron los consumos promedios diarios por habitante entre 1997 y 2021, pasando de 600 litros diarios por persona a 197 (una reducción del 68,3%). [27]

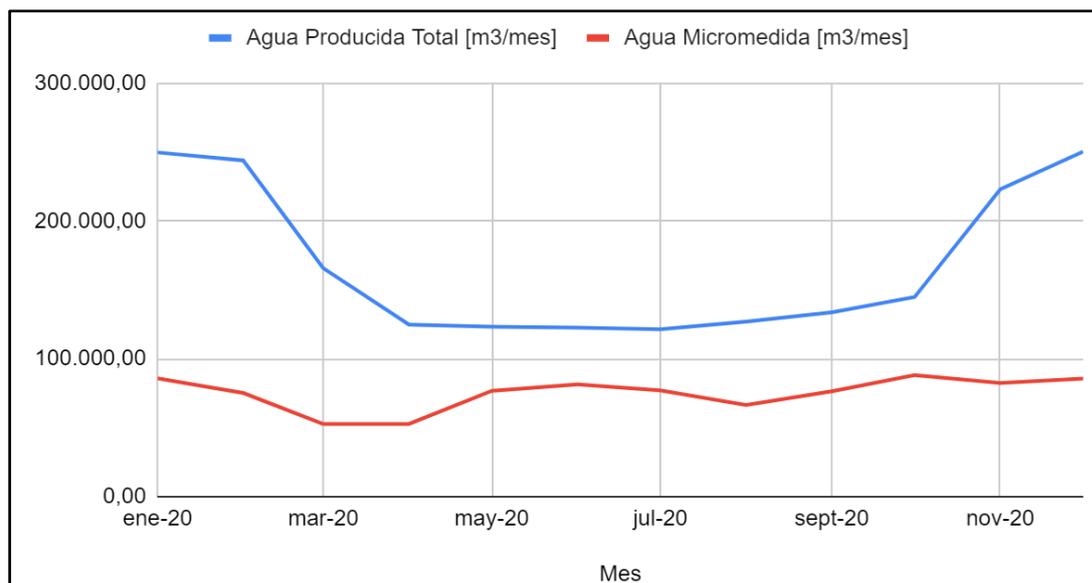


Figura 2 Agua producida VS Agua Micromedida.

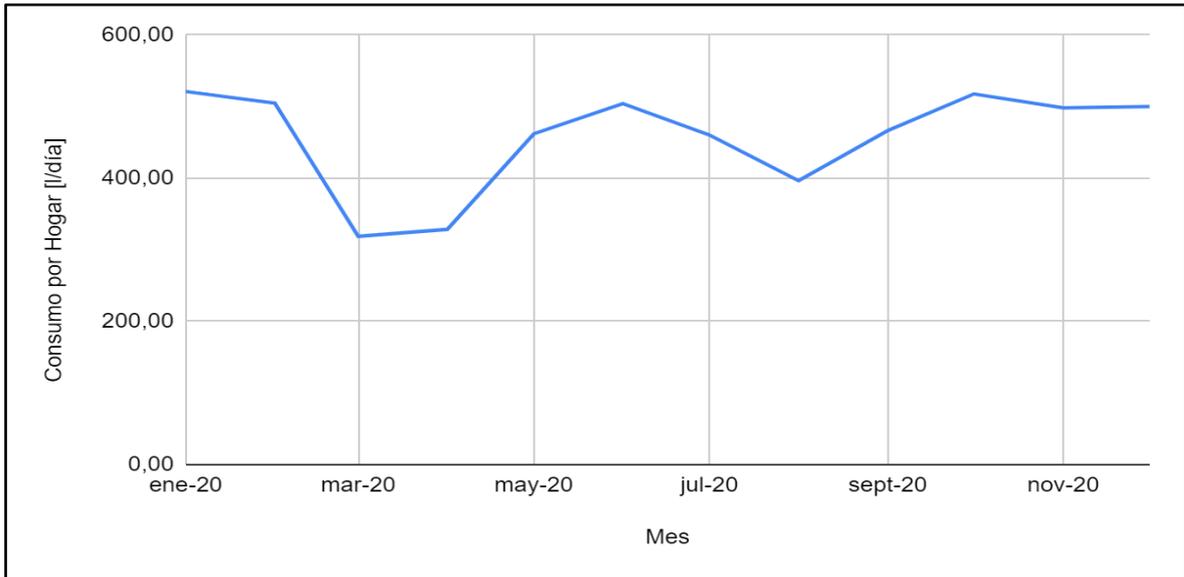


Figura 3 Consumo diario micromedido por hogar [Litros/hogar].

3.1.3. Formulación de la encuesta.

Se realizó una encuesta a nivel nacional donde participaron 590 personas, distribuidas a lo largo del país de la siguiente manera:

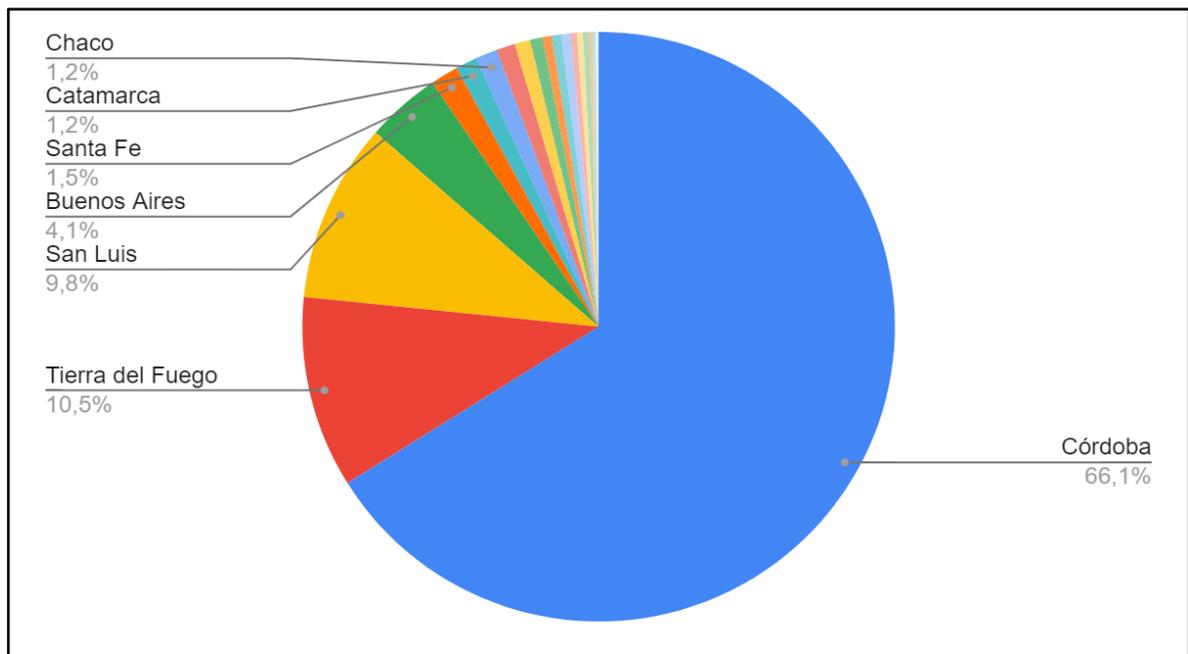


Figura 4 Distribución de los encuestados por provincia.

Cabe aclarar que no se obtuvieron registros de las siguientes provincias:

- Corrientes
- La Pampa
- Entre Ríos
- Mendoza
- Chubut

A partir de los datos obtenidos, y realizando el cálculo indicado en la metodología, se pudo estimar el consumo de cada encuestado en función de sus respuestas. De esta forma se promediaron los siguientes valores para cada provincia:

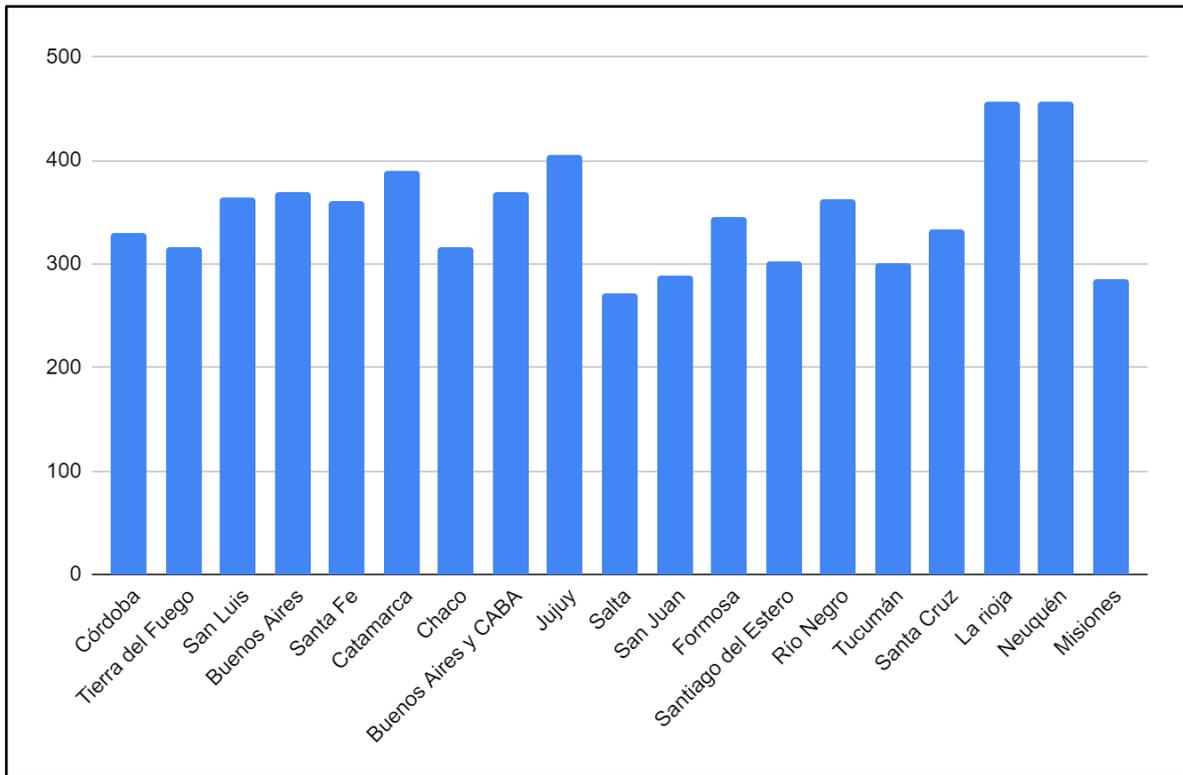


Figura 5 Consumo diario [Litros/habitante] promedio por provincia, según encuesta.

Si bien se observa un consumo promedio de 348 litros por día por habitante, para el presente proyecto tomaremos como caso de análisis la provincia de Córdoba, debido a ser el valor de mayor precisión ya que de ella se obtuvieron 390 (66,1%) muestras.

3.2. Etapa 2: Análisis de la Información y Cálculo del Consumo

Los datos procesados de la Investigación Inicial arrojaron valores relativamente elevados, esto se debe a que la mayoría de los resultados calculados surgen de la producción de plantas potabilizadoras, en donde los datos reflejan producciones totales que generan las mismas, donde, por tanto, no se tiene en cuenta el factor de pérdidas que existen en los sistemas de distribución de agua del país.

Por ello es necesario ajustar los valores teniendo en cuenta el promedio de pérdidas determinado en la etapa de Micromediciones, adoptando un valor aproximado del 50% de pérdidas que debe afectar al total de los resultados obtenidos en la primera etapa.

Con el fin de validar de que los datos obtenidos luego del ajuste aplicado con anterioridad no presentan una elevada distorsión, se compara la variación que existe entre los consumos promedios diarios por habitante de la provincia de Córdoba luego de afectar las pérdidas, respecto al obtenido en la encuesta, ya que este valor es el más representativo para el análisis.

Validando ambos consumos, se pudo determinar que existe una variación del 11,25% entre ambos resultados. Este valor es sustancialmente bajo e indica que los valores obtenidos no presentan elevadas distorsiones, permitiendo que puedan ser utilizados para su posterior análisis.

Tabla 3 Consumo diario de agua por habitante. Cálculo Final.

Provincia	Consumo diario [Litros/habitante]	Provincia	Consumo diario [Litros/habitante]
Buenos Aires	266	Misiones	352
Catamarca	210	Neuquén	355
Chaco	214	Rio Negro	274
Chubut	374	Salta	290
Córdoba	297	San Juan	507
Corrientes	170	San Luis	444
Entre Ríos	300	Santa Cruz	217
Formosa	296	Santa Fe	310
Jujuy	190	Santiago del estero	156
La Pampa	300	Tierra del Fuego	259
La Rioja	246	Tucumán	179
Mendoza	449		

El siguiente gráfico muestra la variación entre el consumo preliminar obtenido, y el consumo final luego de contabilizar las pérdidas correspondientes.

Todo lo realizado permite, además, comparar el consumo real calculado para cada una de las provincias del país, con el consumo recomendado por la OMS [29]. El mismo de 100 litros por persona por día, y cómo puede verse a continuación en el gráfico, es mucho menor que cualquiera de los consumos provinciales. La provincia que más se acercará al mismo es Santiago del Estero con 156 litros por persona por día.

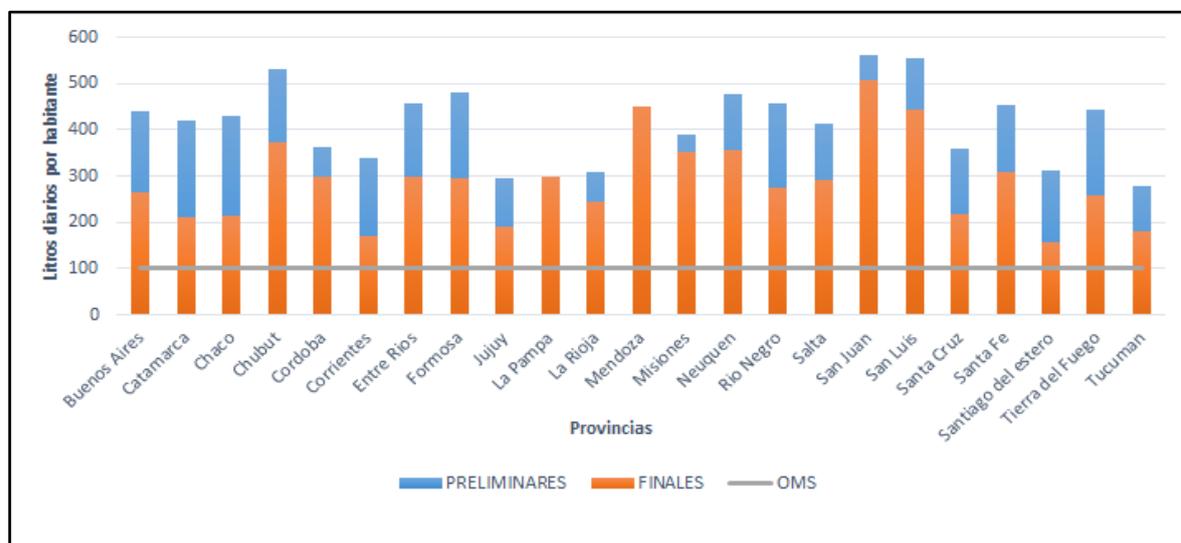


Figura 6 Consumo diario de agua por habitante. Cálculo Final.

Finalmente, para representar de una forma más gráfica y entendible para cada uno de los ciudadanos, se ha comparado el consumo promedio en litros por habitante a nivel nacional, con la cantidad de botellas equivalentes de 2,5 litros. Este valor es de 116 botellas al día, lo cual puede generar un impacto mayor en la percepción del consumidor.

4. CONCLUSIONES

La situación hídrica tanto a nivel mundial como nacional es alarmante. Argentina presenta un sistema hídrico que conduce a elevadas demandas diarias por habitante, donde no solo involucra malos hábitos de consumos, sino también considerables pérdidas en los sistemas de distribución.

La necesidad de medidores en las residencias es esencial no solo para poder llevar a cabo los estudios que se requieren para el desarrollo del presente proyecto, sino que también sirve para lograr un consumo responsable de este recurso escaso.

Debido a la gran falta de información y datos asociados a los consumos de agua del país, el desarrollo de la metodología presentada en el paper, permitió no solo continuar con los avances del Proyecto para el Manual de Buenas Prácticas, sino también poder contar con una noción de la situación hídrica en la que se encuentra la República Argentina, de la cual, los resultados presentados llegan a ser preocupantes.

5. REFERENCIAS.

- [1] Ministerio de Obras Públicas. Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. (14 de Mayo de 2021) *Agua Potable y Saneamiento*. [Página web] Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/agua-potable-y-saneamiento-0#:~:text=El%20sector%20de%20agua%20y,y%20eficiencia%20de%20los%20servicios.&text=Como%20meta%20intermedia%20para%20el,saneamiento%20en%20todo%20el%20pa%C3%ADs>
- [2] Aguas Cordobesas. (14 de Septiembre de 2021). Espacio Educación. Obtenido de Usos del agua: <https://www.aguascordobesas.com.ar/CanalEspacioEducacion/AulaVirtual/content/69/consumo>
- [3] Aguas de Catamarca SAPEM. (21 de Agosto de 2019). Plantas de Tratamiento. Obtenido de Aguas de Catamarca SAPEM: http://www.adcsapem.com.ar/?page_id=279
- [4] Argentina Forestal. (28 de Febrero de 2020). En Salta se pierden 12 millones de litros de agua potable por hora. Argentina Forestal. Obtenido de <https://www.argentinaforestal.com/2020/02/28/en-salta-se-pierden-se-pierden-12-millones-de-litros-de-agua-potable-por-hora/>
- [5] Chaet, G. (28 de Junio de 2019). En Mar del Plata se consume casi el doble de agua potable que en el resto del país. 0223. Obtenido de <https://www.0223.com.ar/nota/2019-6-28-19-59-0-en-mar-del-plata-se-consume-casi-el-doble-de-agua-potable-que-en-el-resto-del-pais>
- [6] Diario Río Uruguay. (29 de Diciembre de 2020). Afirman que el consumo "por las altas temperaturas" está afectando la presión en la red de agua potable de Concordia. Diario Río Uruguay. Obtenido de <https://www.diariorouruguay.com.ar/concordia/afirman-que-el-consumo-por-las-altas-temperaturas-est-afectando-la-presin-en-la-red-de-agua-potable-de-concordia.htm>
- [7] El Ancasti. (10 de Noviembre de 2020). ¿Qué cantidad de agua consumen los catamarqueños? El Ancasti. Obtenido de <https://www.elancasti.com.ar/info-gral/2020/11/10/que-cantidad-de-agua-consumen-los-catamarquenos-449336.html>
- [8] El Ciudadano. (22 de Marzo de 2010). Agua: Rosario casi triplica el consumo medio mundial. El Ciudadano. Obtenido de <https://www.elciudadanoweb.com/agua-rosario-casi-triplica-el-consumo-medio-mundial/>
- [9] Fundación Miguel Lillo. (23 de Marzo de 2018). Tucumán derrocha agua: un ciudadano consume unos 300 litros por día. Fundación Miguel Lillo. Obtenido de <http://lillo.org.ar/prensa/noticias/20180323-tucuman-derrocha-agua>
- [10] García, M. (15 de Febrero de 2018). La crisis del agua en Comodoro y la región: falta de inversión, sobrepuestos, derroches y obras obsoletas. El Extremo Sur de la Patagonia. doi:<https://www.elextremosur.com/nota/la-crisis-del-agua-en-comodoro-y-la-region-falta-de-inversion-sobrepuestos-derroches-y-obras-obsoletas/>
- [11] Gobierno de Tierra del Fuego A.e.I.A.S. (14 de Septiembre de 2021). Instituto Provincial de Análisis e Investigación, Estadística y Censos. Obtenido de <https://ipiec.tierradelfuego.gov.ar/electricidad-gas-y-agua/>
- [12] Infoecos. (17 de Diciembre de 2018). En Santa Rosa se consumen 400 litros de agua por persona y por día: lanzan campaña de concientización. Infoecos. Obtenido de <https://www.infoecos.com.ar/index.php/en-santa-rosa-se-consumen-400-litros-de-agua-por-persona-y-por-dia-lanzan-campana-de-concientizacion/>
- [13] Lira, A. (23 de Enero de 2017). El consumo de agua en Mendoza duplica la cifra que indica la OSM. Voxpopuli. Obtenido de <https://www.voxpopuli.net.ar/el-consumo-de-agua-en-mendoza-duplica-la-cifra-que-indica-la-osm/>
- [14] Ministerio de Gobierno de Río Negro. (14 de Septiembre de 2021). Bariloche: Aguas Rionegrinas potabiliza 60 millones de litros de agua por día. Ministerio de Gobierno de Río Negro. Obtenido de <https://rionegro.gov.ar/?contID=20635>
- [15] Misiones Cuatro. (19 de Septiembre de 2017). Misiones consume 10 veces más agua que lo recomendado por OMS. Misiones Cuatro. Obtenido de <https://misionescuatro.com/provinciales/misiones-consume-10-veces-mas-agua-lo-recomendado-oms/>
- [16] Molina, J. (2010). Distribución por tipo y localidad. Área estadísticas económicas - Dirección Prov. de Estadística y Censos - Gobierno de San Luis. Obtenido de <http://www.estadistica.sanluis.gov.ar/wp-content/uploads/Informe-Agua.pdf>
- [17] Neuquén Informa. (29 de Abril de 2019). Inauguran la nueva planta depuradora Bejarano de Neuquén capital. Gobierno de la Provincia del Neuquén. Obtenido de <http://w2.neuquen.gov.ar/noticias/10005-inauguran-la-nueva-planta-depuradora-bejarano-de-neuquen-capital>
- [18] OECD. (2020). *Gobernanza del Agua en Argentina*. Paris: OECD Publishing. Obtenido de <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9ce3df5e-es/index.html?itemId=/content/component/9ce3df5e-es>
- [19] OSSE. (14 de Septiembre de 2021). Servicio agua potable en San Juan. Obtenido de OSSE - Gobierno de San Juan: http://www.ossesanjuan.com.ar/v3/servicios/servicios_de_agua_potable?serv=5afd736e-675d-11e9-987d-f430b9a28844
- [20] SAMEEP. (14 de Septiembre de 2021). Proceso de potabilización en planta de Barranqueras. Obtenido de SAMEEP : <https://sameep.gob.ar/proceso-potabilizacion/>

- [21] Searles, P., Agüero Alcarás, M., & Rousseaux, M. (Abril de 2011). El consumo del agua por el cultivo de olivo (*Olea europaea* L.) en el noroeste de Argentina: una comparación con la Cuenca Mediterránea. *Ecología Austral*. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/68536/CONICET_Digital_Nro.29233286-b264-46e7-b09d-a6fe98e87f12_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [22] Subsecretaría de Comunicación Social. (13 de Octubre de 2017). Agua potable: Crecimiento del 530% en la producción y 116% en extensión de cañerías. Gobierno de Formosa. Obtenido de https://formosa.gob.ar/noticia/21042/12/agua_potable_crecimiento_del_530_en_la_produccion_y_116_en_extension_de_canerias
- [23] Tiempo Sur. (3 de Marzo de 2017). Plan nacional del agua incluye acueducto "Los monos". Tiempo Sur. Obtenido de <https://www.tiemposur.com.ar/nota/138247-plan-nacional-del-agua-incluye-acueducto-los-monos->
- [24] Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (14 de Septiembre de 2021). Simulador de consumo de agua. Obtenido de <https://www.aysa.com.ar/lobuenodelagua/simulador>
- [25] Ente Regulador de Agua y Saneamiento (ERAS). (14 de Septiembre de 2021). Cuidado del agua. Obtenido de [argentina.gob.ar: https://www.argentina.gob.ar/eras/cuidado-del-agua](https://www.argentina.gob.ar/eras/cuidado-del-agua)
- [26] Espinosa Sarria, M. (2020). Manual para el Hogar. Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- [27] Cooperativa Ltda. de Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría. (14 de Septiembre de 2021). Obras Sanitarias. Obtenido de <https://www.coopelctric.com.ar/osanitarias/>
- [28] Censos, Instituto Nacional de Estadísticas y. (14 de Septiembre de 2021). Proyecciones nacionales. Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-24-84>
- [29] Actualidad Ambiental. (2 de Febrero de 2017). "Debemos consumir 100 litros de agua al día por persona, pero consumimos hasta 250 litros". Actualidad Ambiental. Obtenido de <https://www.actualidadambiental.pe/debemos-consumir-100-litros-de-agua-al-dia-por-persona-pero-consumimos-hasta-250-litros/>

Seguridad de Máquinas: El Proceso Lógico Aportado por las Normas Internacionales

Rey, Eduardo*; Cortese, Sergio

*Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Haedo
Paris 532 – Haedo – Buenos Aires – Argentina.
erey@frh.utn.edu.ar*

RESUMEN

Este trabajo presenta una breve descripción de las metodologías aportadas por las normas internacionales en lo referido al análisis de riesgos de máquinas.

Tomando como base la Norma ISO 12100:2010, se muestra un procedimiento iterativo que tiene como finalidad eliminar los supuestos referidos a lo complejo que puede ser el tratamiento de la seguridad en máquinas industriales.

Todas esas metodologías parten del mismo principio: la determinación del nivel de riesgo como la combinación entre los valores de Severidad del potencial daño y de la Probabilidad de ocurrencia del evento peligroso.

De esta forma, el trabajo tiene como objetivo demostrar como los distintos métodos de cálculo para la determinación de los niveles de riesgo incluyen ambos parámetros.

Como preámbulo a esta presentación, se refiere la situación específica del marco regulatorio en Argentina y su comparación con otros países industrializados.

Finalmente, se propone como conclusión una manera de perfeccionar los métodos descriptos mediante un estudio posterior de 3 (tres) iniciativas que permitan mejorar y facilitar la determinación de los niveles de riesgo.

Palabras Claves: peligros, riesgos, máquinas, regulación, metodología.

ABSTRACT

This document presents a brief detailed description of the methodologies provided by international standards regarding machinery safety and its risk analysis.

Based on ISO 12100: 2010, an iterative procedure is shown that aims to eliminate the assumptions regarding how complex the treatment of safety in industrial machines can be.

All these methodologies are based on the same principle: the determination of risk level as the combination between the Severity values of the potential damage and the Probability of occurrence of the dangerous event.

This paper aims to demonstrate how the different calculation methods for determining risk levels include both parameters.

As a preamble to this presentation, it refers to the specific situation of the regulatory framework in Argentina and its comparison with other industrialized countries.

Finally, as a conclusion, we propose 3 (three) initiatives to improve and ease the risk level determination.

Keywords: hazard, risk, machines, standard, methodologies

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad de máquinas en las empresas industrializadas es un concepto muy amplio y de mucha atención en la mayor parte de los países industrializados que, dada la gravedad del tema, imponen a las empresas que hacen uso de maquinaria con riesgo inherente de producir daño a los operadores, regulaciones y normativas de aplicación mandatoria.

Estas regulaciones y normas tienen un proceso absolutamente lógico y que pretende que su aplicación esté asociada a la menor erogación de fondos posible, siempre dando la mayor seguridad a los usuarios de las máquinas: los operadores.

En Argentina, sin embargo, la carencia de regulaciones sobre seguridad de máquinas en la industria, basadas en normas internacionales que son de aplicación muy difundida en casi todos los países industrializados de la región Latinoamérica y del Mundo, aumenta la probabilidad de accidentes que sufrirían los operadores de plantas situadas en el Territorio de la República Argentina.

Nos podemos preguntar, en este contexto, qué ventajas y desventajas competitivas tienen las industrias que sí aplican esas normas de seguridad de máquinas de manera voluntaria (o por mandato corporativo, cuando nos referimos a empresas internacionales) versus las industrias que no lo consideran necesario por la falta de obligatoriedad debida a la ausencia de regulaciones al respecto.

Es un hecho de que no existe una capacitación estructurada de carácter universitario, tanto sea como tecnicatura o como postgrado, que resta profesionales que puedan participar y aportar en las mesas de discusión de las normas internacionales sobre la revisión y creación de las metodologías aplicadas a los análisis de riesgo en seguridad de máquinas. El cómo afecta, entonces, el desarrollo de nuevas técnicas de seguridad de máquinas o la evaluación crítica de una norma esta carencia, podría ser, seguramente, un tema a tratar de manera mucho más amplia, aunque está fuera del alcance de este trabajo.

2. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

En Argentina, en particular, existe poca (o ninguna) difusión y conocimiento de cuál es la estructura metodológica (el proceso) que determina el uso de ciertos dispositivos o implementaciones para minimizar el riesgo de aparición de accidentes laborales en equipos industriales. Esa estructura metodológica viene dada, por supuesto, mediante la aplicación y cumplimiento de Normas internacionales que, a su vez, son las que, en otros países, animaron la promulgación de sus respectivas leyes y regulaciones ya mencionadas.

De lo anterior se desprende que, habitualmente, no existe, siempre dentro del ámbito de la Industria Argentina, un razonamiento acabado y completamente sistémico de las necesidades que existen para mejorar o, incluso, implementar desde cero, algún sistema documental y dispositivos específicos para prevenir o mitigar la ocurrencia de un evento que conlleve un daño físico para los operadores de las máquinas.

Dicho en otras palabras: la seguridad de máquinas es un tema “tabú” dentro de las Plantas Industriales. Y, así como es muy fácil encontrar personas dentro de Planta con una “arrojada” predisposición a modificar procesos productivos, es muy poco frecuente que exista el mismo número de “valientes” que se animan a introducir modificaciones en los sistemas de seguridad. En ambos casos (procesos y seguridad) seguramente se requieran esas modificaciones para mejora o puesta al día. Pero, como dijimos, los sistemas de seguridad son “cajas negras” que se prefieren no tocar. Sin embargo, lo necesitan, como cualquier otro sistema de la máquina de la cual forman parte y que, por su propio y natural ciclo de vida, tienden a la obsolescencia.

En este punto es importante destacar que no nos referimos sólo a los sistemas de seguridad que requieran un control automático, sino al planteo más general y conceptual sobre el tema. Se debe “desmitificar” el tratamiento de la seguridad en las máquinas para que su proceso de análisis sea científico, demostrando que la seguridad en las máquinas puede dejar de ser una “caja negra” a la cual pocos acceden.

Algunas de las Normas tan mencionadas que forman parte de este universo son:

- **DIRECTIVA 2006/42/CE ANEXO I:** Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas
- **ISO 31000:2018:** Gestión del Riesgo – Directrices
- **IEC 31010:2019:** Gestión del Riesgo – Técnicas de evaluación del riesgo
- **ISO 12100:2010:** Seguridad de máquinas: principios generales de diseño, evaluación y reducción de riesgos
- **ISO 13849:2016:** Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de control relacionadas con la seguridad.
- **IEC 62061:2005:** Seguridad de la maquinaria: seguridad funcional de los sistemas de control relacionados con la seguridad

Estas son sólo algunas de las normas que forman la estructura documental que permiten diseñar una estrategia adecuada para reducir los riesgos de accidentes en las máquinas industriales. Deben, necesariamente, ser tomadas como la fuente principal del desarrollo de este trabajo de investigación. Sin embargo, es importante remarcar que existen otras que servirán también a los propósitos de configurar el análisis típico para la determinación de los riesgos en las máquinas.

3. ESTADO COMPARATIVO DEL CONOCIMIENTO

La República Argentina siempre se ha destacado por tener un desarrollo industrial muy avanzado que le permitió sobresalir del resto de los países, muchas veces de la región Latinoamérica y otras veces, incluso, del mundo, como un polo de desarrollo donde, en ciertos casos, se comenzaron actividades de forma pionera (ejemplo: la industria aeronáutica allá por los finales de la década del 40) que hicieron del país un actor principal en la mesa de discusión de los desarrollos tecnológicos y en los lineamientos normativos de diversos ejes de discusión.

Sin embargo, a lo largo de estas últimas 4 décadas, el País ha visto mermar esa gravitación que tenía en las actividades industriales viéndose superada por países que, otrora, se encontraban detrás de la posición privilegio que ostentaba Argentina; ejemplo de ellos son México y Brasil, sin mencionar otros como Perú, Colombia y Chile que, aunque tardíamente, están poco a poco haciéndose un lugar en el concierto de las naciones industrializadas.

Esos países, de los cuáles destacamos Brasil y México, han acompañado no solo el desarrollo industrial de otros centros mundiales, tales como los Estados Unidos, Canadá, la mayor parte de los países Europeos y, por supuesto, Asia y sus emblemáticos Japón, China e India, sino que, también, han aplicado exitosamente los lineamientos dados por las normas internacionales en lo que refiere a la Seguridad de Máquinas, teniendo, al día de hoy normas locales de aplicación obligatoria tales como la NR-12 (Brasil) y la NOM-004 (México).

Sin duda, la existencia de estas normas de aplicación mandatoria no deja de ser un indicador clave para las principales corporaciones industriales a la hora de evaluar cuál país brinda un desarrollo industrial más avanzado y, consecuentemente, decidir el destino de sus inversiones fuera de sus países de origen.

4. DATOS DE CORRELACIÓN

Existe, necesariamente, una fuerte correlación entre las tasas de accidentes dentro de las empresas que operan equipos de producción y la falta de regulaciones mandatorias en nuestro país, el cual posee una de las tasas más altas de reclamos judicializables por accidentes de trabajo de la región; sólo como ejemplo, mencionamos que el índice de accidentes laborales cada 1.000 empleados de la industria manufacturera (utilizando el mismo CIIU – Código Industrial Internacional Uniforme), es de 85/1000 en Argentina versus 60/1000 en Brasil, para el período 2018 – 2019, según datos publicados por la SRT (Superintendencia de Riesgos de Trabajo)

Según el observatorio de la misma Superintendencia de Riesgo de trabajo, en el año 2018 de los 539.231 caso de accidentes reportados, 27.035 corresponde a máquinas y 46.264 a herramientas, implementos, utensilios no eléctricos como agente material asociado. Para los tres años anteriores se presentan proporciones similares a la indicada para el año 2018.

En este sentido la legislación Argentina a través de la Ley Higiene y Seguridad en el Trabajo No. 19.587 reglamentada por el Decreto 351/79 establece en el capítulo 15 el marco jurídico a tener en cuenta sobre las máquinas y herramientas. Sin embargo, este marco no define los medios para su cumplimiento, así por ejemplo el artículo 103 cito: “Las máquinas y herramientas usadas en los establecimientos, deberán ser seguras y en caso de que originen riesgos, no podrán emplearse sin la protección adecuada”, se orienta en mitigar el riesgo de un equipo mediante una protección, pero no se definen conceptos, procedimientos o métodos sobre la gestión de riesgo.

Mucho menos, ha sido puesta en la práctica por Resoluciones generales. Sólo, como rara excepción, se ha declarado a la Norma IRAM 3574: “Protecciones de seguridad en maquinarias. Máquinas de moldeo por inyección para material plástico y caucho”, en la Resolución 316/2007 como de cumplimiento mandatorio, dejando fuera de esta lógica al resto de las máquinas desprotegiendo, por ende, al resto de las industrias.

5. EL PROCESO DE ANÁLISIS

La Norma ISO 12100, en su versión 2010 (Seguridad de máquinas: principios generales de diseño, evaluación y reducción de riesgos) establece una primera aproximación conceptual que logra sintetizar el proceso lógico que debe ser llevado a cabo para lograr máquinas seguras.

A modo de síntesis podríamos aportar el siguiente flujograma que representa los distintos criterios y especificaciones de la mencionada norma **ISO 12100:2010**:

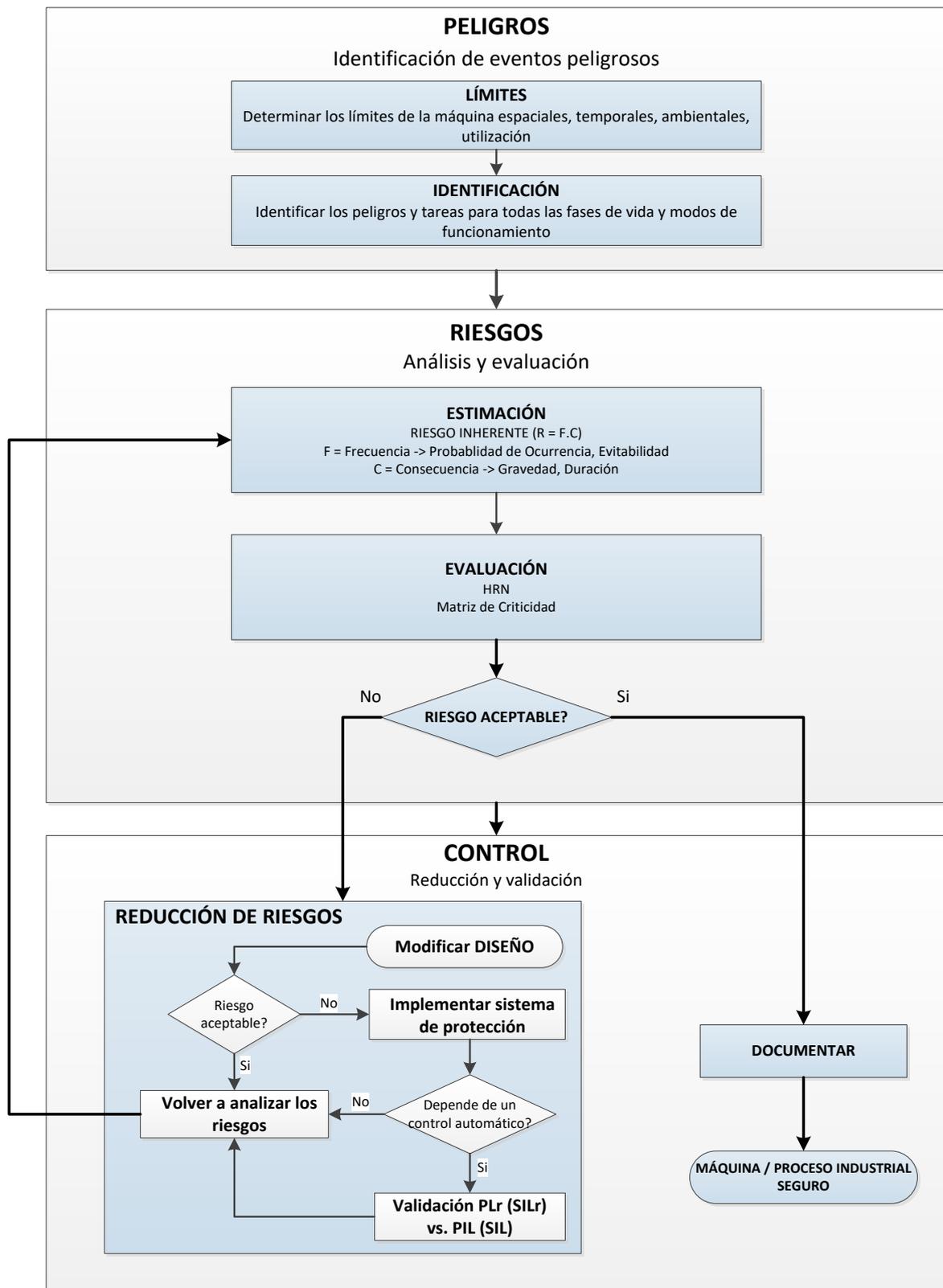


Figura 1: Flujoograma de análisis y reducción de riesgos en máquinas según Norma ISO 12100.

5.1 LÍMITES

Al inicio, la Norma ISO 12100, define como “límites” de la máquina a toda referencia, espacial, temporal y de modos de funcionamiento, que permitan establecer el alcance del análisis de riesgos que se llevará a cabo.

De esta forma, el alcance quedará delimitado por límites:

- **Espaciales:**

Extensión en superficie de la máquina.

Ubicación dentro de la Planta

Módulos o “cuasi” máquinas que conforman el conjunto.

Qué hay al frente

Qué hay en los laterales

Qué hay en la parte trasera

- **Temporales:**

Cantidad y extensión horaria de los turnos en los que se utiliza la máquina

Fecha de instalación en Planta

Fecha de desinstalación (si existiera). También denominado “decomissioning”

- **Modos de funcionamiento:**

Producción

Mantenimiento

Cambio de modelo o ajustes

- **Otros: se suelen describir para determinar frecuencias de uso**

Cantidad de piezas por turno

Cantidad de personas que operan la máquina en producción

5.2 PELIGROS

Se define como “peligro” a aquello que podría producir un daño a las personas. Así, podríamos hablar de la analogía de una persona sumergida en el fondo del mar donde a una cierta distancia se encuentra un tiburón: éste es el peligro al que se enfrenta el buzo por la capacidad que tiene el tiburón de hacer daño a la persona.

Los peligros en una máquina o línea de producción pueden asociarse con las fuentes de energía que se ponen en juego para la manufactura de los productos para los cuales la máquina o línea está destinada. Sin embargo, se suele incluir en este capítulo otros conceptos que, a pesar de no ser energías, pueden producir daño por su ausencia o mala utilización.

Por tal motivo, y de manera general, las familias de PELIGROS son las siguientes:

- 1 **MECÁNICOS:** son las energías del tipo: potencial, elástica, de bordes afilados
- 2 **ELÉCTRICOS:** es la energía eléctrica, localizada en tableros y cableado en general
- 3 **TÉRMICOS:** es la energía debida a variaciones o límites elevados (más o menos) de temperatura
- 4 **PRESIÓN:** son las energías neumática e hidráulica en recipientes o tuberías a presión
- 5 **RADIACIÓN:** son las energías provenientes de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias
- 6 **SUSTANCIAS PELIGROSAS:** es la energía química contenida en las sustancias líquidas o gaseosas
- 7 **DEL AMBIENTE:** son atribuibles a condiciones atmosféricas o de contaminación extremas
- 8 **ERGONÓMICOS:** son atribuibles a la fatiga muscular crónica
- 9 **DE INFORMACIÓN:** en general, refiere a la ausencia o error en el manejo de la información de la máquina
- 10 **DE FUNCIONAMIENTO:** son los peligros atribuibles a errores en la operación de la máquina

5.3 RIESGOS: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

5.3.1 Definiciones

Conviene comenzar con algunas definiciones que consideramos importantes para establecer un lenguaje común en el tratamiento de estos tópicos.

Según establece la Norma ISO 31000:2018, se define “riesgo” como: efecto de la incertidumbre sobre los objetivos, siendo que un efecto es una desviación respecto a lo previsto (puede ser positivo, negativo o ambos, y puede abordar, crear o resultar en oportunidades y amenazas) y los objetivos pueden tener diferentes aspectos y categorías, y se pueden aplicar a diferentes niveles.

Del mismo modo se define a la “gestión del riesgo” como las actividades coordinadas para dirigir y controlar la organización con relación al riesgo. En lo que respecta a la definición de “fuente de riesgo”: elemento que, por sí solo o en combinación con otros, tiene el potencial de generar riesgo, consideramos que, para nuestra presentación debemos remitirnos, claramente, a la definición de “peligro” dada en el párrafo anterior.

Siempre en la misma norma, se define al “evento” como toda ocurrencia o cambio de un conjunto particular de circunstancias. Un evento puede tener una o más ocurrencias y puede tener varias causas y varias consecuencias. Un evento también puede ser algo previsto que no llega a ocurrir, o algo no previsto que ocurre. De hecho, un evento puede ser una fuente de riesgo.

Consideramos necesario evocar las definiciones específicas que otorga la norma para “consecuencia” y “control”.

Define, entonces, a “consecuencia” como el resultado de un evento que afecta a los objetivos. Puede ser cierta o incierta y puede tener efectos positivos o negativos, directos o indirectos sobre los objetivos. Se pueden expresar de manera cualitativa o cuantitativa. Cualquier consecuencia puede incrementarse por efectos en cascada y efectos acumulativos.

Finalmente, “control” es la medida que mantiene y/o modifica un riesgo. Los controles incluyen, pero no se limitan a cualquier proceso, política, dispositivo, práctica u otras condiciones y/o acciones que mantengan y/o modifiquen un riesgo y no siempre pueden producir el efecto de modificación previsto o asumido.

Adicionalmente a la definición ya vertida, proveniente de la Norma ISO 31000, y a los efectos prácticos de este trabajo, podríamos también definir riesgo como la probabilidad de que un “peligro” proveniente de una máquina produzca un daño a una persona que tenga algún tipo de interacción con la mencionada maquinaria.

Siempre según la norma ISO 31000:2018, el análisis del riesgo debería considerar factores tales como:

- la probabilidad de los eventos y de las consecuencias;
- la naturaleza y la magnitud de las consecuencias;
- la complejidad y la interconexión;
- los factores relacionados con el tiempo y la volatilidad;
- la eficacia de los controles existentes;
- los niveles de sensibilidad y de confianza.

5.3.1.1 Nivel de riesgo

Dentro de este capítulo de definiciones, es de vital importancia definir al nivel de riesgo como el producto algebraico entre un valor que representa la gravedad del daño que potencialmente puede causar un peligro y la probabilidad de que dicho daño ocurra.

$$R = G \cdot P$$

Siendo:

R: Nivel de riesgo. Puede ser el inicial o el residual

G: Gravedad del daño potencial

P: Probabilidad de ocurrencia del daño

De esta manera, si retomamos el ejemplo del tiburón y el buzo que se encuentra sumergido, habíamos visto que el peligro es inherente al tiburón: no va a desaparecer a menos que desaparezca el tiburón. Por lo tanto, no podríamos hablar de la eliminación del peligro, salvo que planteemos la extinción de esa especie animal. Pero, sin embargo, podemos hablar de riesgo de que el tiburón ataque al buzo sumergido. Entonces, sí podríamos hablar de la probabilidad de que el tiburón ataque. Y, en este sentido, sí podemos poner en marcha acciones que mitiguen el riesgo de un determinado peligro; por ejemplo, podemos proteger con una jaula al buzo para que el tiburón no tenga acceso a él. De esta forma, no eliminamos el peligro (tiburón) pero sí reducimos a un valor extremadamente bajo la probabilidad de que produzca un daño a la persona.

5.3.2 Técnicas para la valoración del Nivel de Riesgo

Aunque existen diversas metodologías para la determinación del Nivel de Riesgo, todas poseen un denominador común: determinar de manera objetiva y robusta (o sea, repetitiva para las mismas circunstancias) formas de asignación de valores para cada uno de los términos que lo componen: la Gravedad (G) y la Probabilidad (P).

La determinación de la Gravedad (G) parece ser el más simple y con muy pocas variaciones entre todos los métodos: simplemente es asignar un número en una escala determinada donde cada uno significa un daño (o familia de daños) y que están directamente relacionadas con el grandor de los números asociados. De esta forma, en una escala de 1 a 10, por ejemplo, 1 significaría un daño

menor, totalmente reversible de forma inmediata y 10 estaría representando numéricamente un daño grave irreversible en el tiempo.

La determinación de la Probabilidad (P) de ocurrencia tiene, sin embargo, diferentes versiones que anticipan, de algún modo, las características propias de la metodología a la que pertenecen. De aquí surgen, por ejemplo, aquellas que valorizan la Probabilidad no solo con un simple número proveniente de la estadística de eventos, sino que intentan describir de forma más detallada el conjunto de factores que participan en la aparición del evento. Así, es como podríamos encontrar métodos donde no existe un único número P, sino que está “representado” por una combinación numérica de 2 o más otros factores que sirven para describir de forma más detallada la situación de riesgo involucrada.

En síntesis, la determinación de la Gravedad no nos aportará muchas diferencias conceptuales (aunque sí numéricas porque cada método tendrá escalas propias); sin embargo, encontraremos tantos métodos como formas de establecer el valor de Probabilidad de Ocurrencia (P), que puede incluir, en muchos de ellos, el dimensionamiento del alcance del impacto asociado.

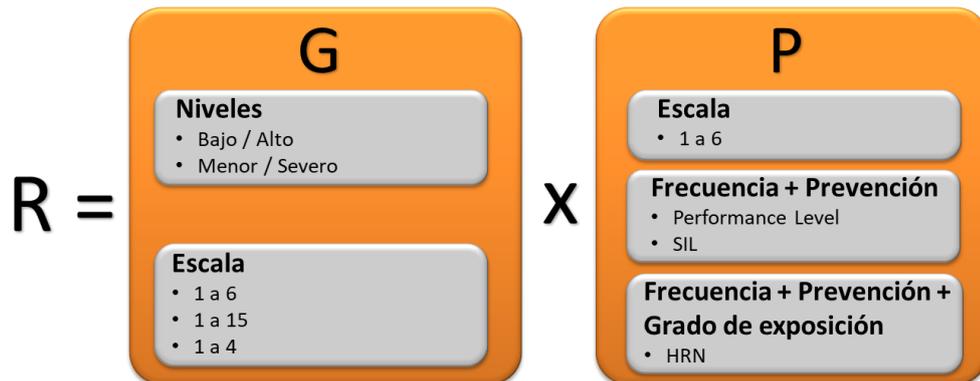


Figura 2

Métodos de determinación de los valores de G (Gravedad) y P (Probabilidad) para la determinación del Nivel de Riesgo

La clasificación de las acciones que se gestionan para la reducción del nivel de riesgo en máquinas herramientas, también están asociadas al término que intentan reducir:

- **Mitigación:** son las acciones asociadas a reducir el valor G de gravedad
- **Prevención:** son las acciones asociadas a reducir el valor P de probabilidad

De esta forma, presentaremos en este trabajo los siguientes métodos:

- **Matriz de riesgo:** Escala & Escala
- **Nivel de prestación requerido (PLr):** Niveles & Frecuencia + Prevención
- **Nivel de integridad de la seguridad requerido (SILr):** Escala & Frecuencia + Prevención
- **HRN (Hazard Rating Number):** Escala & Frecuencia + Prevención + Grado de Exposición

5.3.2.1 Matriz de Riesgo

Este método, presentado en la Norma IEC 31010, es el más simple y representa de manera directa la definición de Nivel de Riesgo tomando como valores para su definición los mismos de Gravedad y Probabilidad, en nuestro ejemplo identificados como C (Consecuencia) y F (Frecuencia).

La matriz está sectorizada en 36 cuadrantes correspondientes a una escala de 6 valores de Consecuencia y 6 de Frecuencia.

Para el caso de máquinas herramientas, la clasificación de Consecuencias se asocian a los efectos que producen en los denominados “Receptores de Riesgo” según la siguiente descripción:

Tabla 1: clasificación de consecuencias según receptores de riesgo

Código	Receptores de Riesgo			
	Personal	Población	Ambiente	Producción
C1	Lesiones o daños, enfermedades y consecuencias en el tiempo	IDEM Personal + impacto social	Impacto ambiental del riesgo	Valorización económica de la pérdida de producción por no disponibilidad
C2				
C3				
C4				
C5				
C6				

Del mismo modo, la clasificación de los 6 niveles de Frecuencia que pueden ser seleccionados son los establecidos en la siguiente descripción:

Tabla 2: clasificación de frecuencia de aparición de un evento peligroso

Código	Descripción
F1	No hay registro a la fecha
F2	Hubo un único registro
F3	> 10 años
F4	< 10 años y > 5 años
F5	< 5 años y > 1 año
F6	Ocurre 1 o más veces al año

Finalmente, la matriz de riesgo queda conformada según la figura 2, clasificándose en 3 zonas que determinan la criticidad del par Consecuencia vs. Frecuencia, a saber:

- Verde: nivel de riesgo aceptable
- Amarillo: nivel de riesgo ALARP (As Low As Reasonably Possible)
- Rojo: nivel de riesgo inaceptable

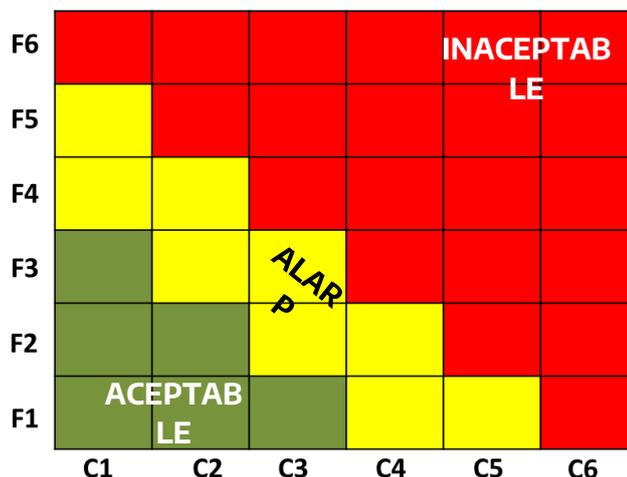


Figura 3: Ejemplo de Matriz de Riesgo

5.3.2.2 Nivel de performance requerido (PLr)

La Norma ISO 13849-1:2016 indica como debe ser determinado el nivel de riesgo de un acceso peligroso para una máquina herramienta mediante el uso del denominado: nivel de performance requerido o Performance Level Required (PLr).

La parte del sistema de mando relativa a la seguridad (SRP/CS) es la parte del sistema de control del proceso o industrial, que realiza las funciones específicas para alcanzar o mantener un estado seguro de la máquina/proceso cuando son detectados inaceptables o peligrosas condiciones del proceso. La validación de estos sistemas debe hacerse comparando 2 valores: el nivel de

performance requerido (PLr) y el nivel de performance (PL) proporcionado por una función integrada de seguridad (SIF).

El PLr (Performance Level Required) se determina a partir de la selección de 3 factores según lo indicado por la norma ISO 13849.

La metodología se basa en determinar, para cada zona de riesgo por interacción del operador con una fuente de peligro, la Gravedad (S) del daño potencial, frecuencia de la exposición (F) y la probabilidad de advertir el riesgo con anticipación (P). Estos 3 factores poseen 2 posibles valores a seleccionar para, mediante un método de árbol de decisión, llegar a determinar 5 niveles posibles de Nivel requerido de Seguridad: "a", "b", "c", "d", "e" donde "a" es un acceso sin riesgos y no requiere una función de integrada de seguridad (SIF) y "e" es un acceso de alto riesgo que requiere una SIF de alta capacidad de respuesta ante el peligro.

El siguiente esquema representa los conceptos de PLr:

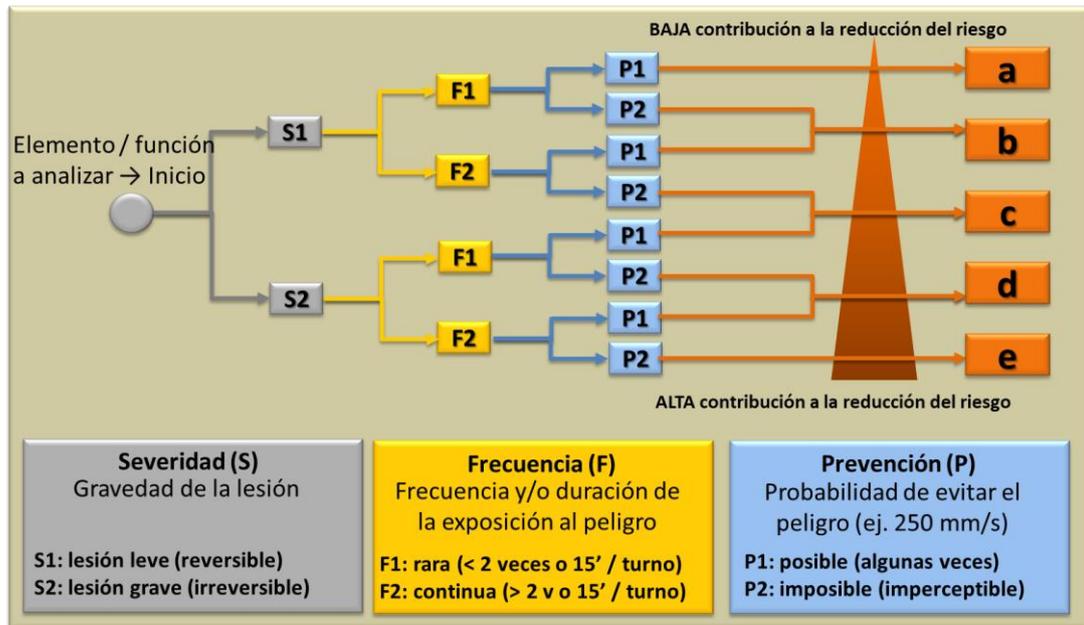


Figura 4: esquema de árbol para la obtención de Performance Level Requerido (PLr)

De esta forma, y siguiendo nuestra principal hipótesis de cálculo, para este método podríamos afirmar que el valor de Severidad (S) es, claramente, el que se asocia a la Gravedad (G) y que la determinación de la probabilidad de riesgo asociada es una combinación de valores entre la Frecuencia (F) y la Prevenición (P)

5.3.2.3 Nivel de integridad de la seguridad requerido (SILr)

El SILr (Safety Integrity Level Required) se determina a partir de una metodología de cálculo combinada de 4 factores según lo indicado por la norma EN / IEC 62061.

La metodología se basa en determinar, para cada zona de riesgo por interacción del operador con una fuente de peligro, la frecuencia y duración (esta última dividida en 2 grupos: mayor a 10 minutos o menor – o igual – a 10 minutos) de la exposición (F), Probabilidad de ocurrencia del evento peligroso (W), capacidad de advertir el riesgo con anticipación (P). Estos 3 factores se suman para determinar la Clase K ($K = F + W + P$) y el resultado es utilizado como una 2ª entrada en la tabla que califica la Severidad (S), del daño potencial. El cruce de ambos valores (S / K) determina el nivel de integridad de la seguridad requerido. Ver el siguiente ejemplo:

Tabla 3: ejemplo de determinación del nivel de integridad de la seguridad requerido (SILr)

Frecuencia y duración	F > 10 min	F ≤ 10 min	Probabilidad evento peligroso	W	Prevención	P
≤ 1 h	5	5	frecuente	5		
> 1 h – ≤ 1 día	5	4	probable	4		
> 1 día – ≤ 2 sem.	4	3	posible	3	imposible	5
> 2 sem. – ≤ 1 año	3	2	raro	2	posible	3
> 1 año	2	1	insignificante	1	probable	1

Consecuencias y gravedad	S	Clase K = F+W+P				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Muerte, pérdida de un ojo o brazo	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Permanente, pérdida de dedos	3	AM	AM	SIL 1	SIL 2	SIL 3
Reversible, tratamiento médico	2			AM	SIL 1	SIL 2
Reversible, primeros auxilios	1				AM	SIL 1

AM = recomendación de otras medidas

Para esta metodología presentada por la Norma IEC 62061, y de manera similar al método anterior de PLr surgido de la Norma ISO 13849, el valor de Severidad (S) se debe asociar al valor de Gravedad (G) mientras que el valor de Clase (K) se debe asociar al de la Probabilidad (P) de ocurrencia. A su vez, este valor de Clase (K) está conformado por factores que representan no solo la Probabilidad (W) sino que incluye cuestiones, tales como la frecuencia de aparición del evento peligroso y su tiempo de exposición (F) así como también la probabilidad de evitar el peligro (P), que, creemos, lo convierten en un método que logra sintetizar mejor en un valor lo que representa el nivel de riesgo ante un determinado peligro, siempre referidos a las máquinas herramientas.

5.3.2.4 ÍNDICE HRN (Hazard Rating Number)

En el análisis de los riesgos de máquinas, una metodología muy utilizada para el análisis y evaluación de riesgos es el **ÍNDICE HRN (Hazard Rating Number)** que surge de la multiplicación de 4 (cuatro) factores que deben ser evaluados en cada interacción peligro/operador para determinar el riesgo al que se enfrenta el/los sujeto/s afectados por cada peligro.

Dicha metodología fue presentada en el año 1990 por el especialista Chris Steel bajo el título de “Risk Estimation” en la revista especializada “Safety Health Practitioner”. Por su forma detallada de guiar en el análisis, principalmente del factor P (Probabilidad), se ha difundido rápidamente.

De esta forma, el HRN surge de la siguiente fórmula:

$$HRN = DPH \times LO \times FE \times NP$$

Donde cada uno se define y alcanza alguno de los siguientes valores:

Tabla 4: DPH – Daño por el riesgo

DPH	daño por el riesgo
0,1	Rasguño / Moretón
0,5	Quemadura / Corte / Enfermedad corto plazo
1	Rotura menor de hueso de dedo, mano o pie
2	Rotura mayor de hueso de dedo, mano o pie
4	Pérdida de 1 o 2 dedos
8	Amputación pierna / mano. Pérdida auditiva o visual parcial
15	Muerte

Tabla 5: LO - Probabilidad de ocurrencia

LO	probabilidad de ocurrencia
0,03	Imposible. No puede pasar bajo ninguna circunstancia
0,1	Casi improbable. Sólo es posible bajo circunstancias extremas.
0,5	Es muy improbable. Aunque concebible
1	Improbable. Pero podría ocurrir
2	Posible. Pero inusual
5	Hay posibilidades. Puede pasar
8	Probable. No sorprendente
10	Probablemente. Se puede esperar que ocurra
15	Cierto. Indudable

Tabla 6: FE - Frecuencia de exposición

FE	frecuencia de exposición
0,1	Infrecuentemente
0,2	Anualmente
1	Mensualmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diario
4	Por hora
5	En cada ciclo. Constante

Tabla 7: NP - Personas en peligro

NP	personas en peligro
1	de 1 a 2
2	de 3 a 7
4	de 8 a 15
8	de 16 a 50
12	más de 50

De esta forma, la asignación de valores a los términos del cálculo del nivel de riesgo queda:

- El DPH es el valor que se asigna a la Gravedad (G) del nivel de riesgo
- El producto entre la probabilidad de ocurrencia (LO), la frecuencia de exposición (FE) y la cantidad de personas expuestas al peligro (NP) es que se asigna a la Probabilidad (P) del nivel de riesgo

En función de los valores obtenidos por el cálculo HRN, se clasifican los riesgos según la siguiente escala y sus acciones esperadas, basados en la criticidad, o sea, en la definición de manera sistemática de llevar a cabo acciones (de mitigación o de prevención) que permitan reducir el valor HRN a niveles que ya no requieran acciones adicionales:

- $HRN < 2$ “**Despreciable**”. No es necesario la implementación de medidas de reducción de riesgo adicionales
- $2 \leq HRN < 6$ “**Muy Bajo**”
- $\leq HRN < 16$ “**Bajo**”
- $16 \leq HRN < 51$ “**Significante**”. Implementar acciones de reducción de riesgo en menos de un año
- $51 \leq HRN < 101$ “**Alto**”. Implementar acciones de reducción de riesgo en menos de 3 meses
- $101 \leq HRN < 501$ “**Muy Alto**”. Implementar acciones de reducción de riesgo en menos de 1 mes
- $HRN \geq 501$ “**EXTREMO**”. Implementar acciones de reducción de riesgo de manera inmediata

5.4 REDUCCIÓN DE RIESGOS

Una vez obtenido el valor de del Nivel de Riesgo, dado por cualquiera de los métodos descriptos, para cada función de máquina, y si el mismo implica, como mostráramos en el flujograma, que su

valor es lo suficientemente alto como para no ser aceptable, se debe proceder a ejecutar acciones tendientes a reducir el riesgo.

En este sentido, la Norma ISO 12100 propone el siguiente orden de prioridades para hacerlo:

- 1 **Modificar el diseño.** Se responde a la siguiente pregunta: ¿la función deseada de la máquina puede ser alcanzada sin la utilización de una determinada energía (peligro) y reemplazada por otra que implique un menor riesgo?
- 2 **Implementar protecciones físicas.** De esta manera, se pretende “aislar” a las personas del peligro que posee un alto riesgo de generar daño
- 3 **Implementar controles automáticos** para impedir la interacción “peligro” / “persona”. La norma, para estos casos, refiere – a su vez – a las normas ISO 13849 y IEC 62061 que, de manera muy similar, especifican cómo y dónde debe ser implementada una “función de seguridad” (SRP/CS) o la parte del sistema de mando relativa a la seguridad.
- 4 **Panel de advertencia** sobre los riesgos residuales que no han podido ser reducidos o eliminados

6. CONCLUSIONES

Las normas internacionales que refieren a la Seguridad de Máquinas, cuyo principal referente es la **ISO 12100:2010**, establecen metodologías que son conceptualmente simples de seguir y de comprender.

En las diferentes metodologías, el objetivo principal es el mismo: lograr establecer, mediante un proceso repetitivo y comparable, los valores de gravedad (G) y de probabilidad (P) que definen un nivel de riesgo (R).

De esta forma, hemos mencionado las 4 (cuatro) metodologías más utilizadas en la definición de nivel de riesgo para máquinas herramientas: 3 (tres) de ellas, Matriz de Riesgo, PLr y SILr, enunciadas por las respectivas normas IEC 31010, ISO 13849 y IEC 62061. La cuarta fue publicada por el experto Chris Steel en 1990 pero se convirtió en una referencia metodológica de las principales actividades de determinación de nivel de riesgo en máquinas herramientas.

No podríamos enumerar una lista de ventajas y desventajas para su uso ya que, como hemos visto, en la mayoría de los casos la elección de la metodología a utilizar viene dada por las imposiciones normativas. Elegida la norma, el método está definido por la aplicación de la misma.

Reconocemos, de todas maneras, que en todos los casos existe una principal dificultad en establecer los valores que se deben definir en cada uno de los métodos presentados. Surgen, entonces, algunas cuestiones que merecen ser presentadas:

- ¿Cuándo se asigna un determinado valor de Gravedad o de Probabilidad, estamos representando de manera fiel lo que ocurre en la realidad?
- Considerando el factor humano: ¿otro evaluador tendrá el mismo criterio de percepción del riesgo que tuvo un primer experto?
- Y, en ese sentido, ¿cómo se armonizarían los distintos criterios entre los distintos métodos?

Suponemos que una manera de perfeccionar todos estos métodos reside en explorar las siguientes iniciativas que, a su vez, proponemos formen parte de estudios ulteriores que permitan mejorar y facilitar la determinación de los niveles de riesgo, a saber:

- **Ampliar las dimensiones de la matriz de riesgo:** a las dos dimensiones existentes (Gravedad y Probabilidad) se podrían incorporar aquellas enunciadas por otras metodologías en lo referente, por ejemplo, a la cantidad de personas impactadas por el peligro, o la probabilidad de evitarlo.
- **Tipificar valores:** para la asignación de Gravedad y Probabilidad (y otros, si se amplían las dimensiones del nivel/matriz de riesgo) establecer una tabla internacional de actualización periódica donde se accedan a los valores en función de definiciones descriptivas de las situaciones de peligro.
- **Unificar normas:** para el caso de las presentadas en este trabajo, IEC 62061 e ISO 13849, parece un objetivo fácilmente alcanzable que permita reunir las ventajas de una y otra para establecer una nueva norma que sintetice lo mejor de ambas y, por consiguiente, lograr una difusión y aplicación mucho más universal.

Finalmente, es importante destacar lo que surge del análisis del estado de situación actual en Argentina, donde la aplicación no mandatoria de toda esta práctica metodológica puesta al servicio de mejorar la seguridad de las máquinas herramientas y, por ende, la del bienestar de las personas que las operan o están afectadas por su uso, reduciendo la tasa de accidentes que se producen por errores en el diseño y operación, deja librada a la decisión unilateral de las propias empresas su aplicación, sin visualizar que se producirá un efecto de beneficio mutuo entre todos sus integrantes si, más temprano que tarde, se opta por su aplicación y revisión frecuente.

7. REFERENCIAS

- [1]. **DIRECTIVA 2006/42/CE ANEXO I**: Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas
- [2]. **ISO 12100:2010**: Seguridad de máquinas: principios generales de diseño, evaluación y reducción de riesgos
- [3]. **ISO 13849:2016** Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de control relacionadas con la seguridad
- [4]. **IEC 62061:2005**: Seguridad de la maquinaria: seguridad funcional de los sistemas de control eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relacionados con la seguridad
- [5]. **ISO 31000:2018** Gestión del riesgo — Directrices
- [6]. **IEC 31010:2019** Gestión del riesgo — Técnicas de evaluación del riesgo
- [7]. **Steel, Chris (1990) Risk Estimation**, Safety Health Practitioner Magazine, United Kingdom

Una Experiencia de Desarrollo de *Cándida Utilis* en Efluentes de Industria Sucro-Alcoholera

Scheuermann, Virginia*; Coll Araoz, Lourdes; Saracho, Aimé; Lencina, Fernanda; Albarracín Patricia

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán
virgischeuermann@gmail.com; palbarracin@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se estudió el desarrollo de la levadura *Cándida utilis* en residuos de la industria sucro-alcoholera, como tratamiento para disminuir su contaminación. El efluente, vinaza, fue provisto por un ingenio azucarero de Tucumán que utiliza la melaza como materia prima para la producción de etanol. El microorganismo utilizado fue aislado de muestras recolectadas y aisladas en proyectos anteriores. El medio de cultivo fue vinaza en solución acuosa al 50%. Se realizaron 6 fermentaciones y los ensayos se realizaron en un reactor "batch" a escala laboratorio. Este consistió en un dispenser de jugos con capacidad máxima de 4 litros. La aireación se aseguraba mediante una manguera de silicona conectada a un aireador por un lado y por el otro se realizaron perforaciones para producir un burbujeo. Esto, sumado a la acción de un agitador magnético, aseguraban una buena aireación y homogeneidad. Para evaluar el crecimiento de *Cándida utilis* en vinaza se midieron los parámetros cinéticos, mediante cámara de Neubauer, espectrofotometría y determinación de peso seco. También se estudiaron en los ensayos de fermentación a inicio y al final de estos: proteína en vinaza, demanda química de oxígeno (DQO), pH y conductividad del medio. Los resultados obtenidos fueron: aumento de proteína 80%, disminución de 43% de DQO, aumento de pH 1,3% y disminución de la conductividad 9%. Se pudo establecer además que a temperatura ambiente se desarrolla la producción de levadura y la misma se produce en 21 horas. Como conclusión se obtuvo la curva de crecimiento de la levadura y la disminución de contaminación se vio reflejada en la disminución de DQO, pH y cantidad de iones. Fue posible estudiar el desarrollo del proceso de fermentación de vinaza como una opción para descontaminar el efluente.

Palabras Claves: efluente, vinaza, levadura, producción.

ABSTRACT

This work studied the development of the yeast *Candida utilis* in waste from the sugar-alcohol industry, as a treatment to reduce pollution. The effluent, vinasse, was provided by a sugar mill the Tucumán, which uses molasses as a raw material for ethanol production. The microorganism used was isolated from samples collected and isolated in previous projects. The culture medium was vinasse in 50% aqueous solution. Six fermentations were carried out and the tests were carried out in a laboratory-scale batch reactor. It consisted of a juice dispenser with a 4 liters' capacity, with two holes in the lid for the entrance and exit of air, connected to an aerator through perforated silicone hoses and with a magnetic stirrer at the bottom, for homogeneous aeration.

To evaluate the growth of *Candida Utilis* in vinasse, the kinetic parameters were measured by means of a Neubauer chamber, spectrophotometry and determination of dry weight or dry matter. Also studied in the fermentation tests, at the beginning and at the end of the same: protein in vinasse, chemical oxygen demand (COD), pH and conductivity of the medium. The results obtained were: an 80 % increase in protein, a 43% decrease in COD, a 1.3% increase in pH and a 9% decrease in conductivity. It was also possible to establish that at room temperature the yeast develops production and it happens in 21 hours. In conclusion, the yeast growth curve was obtained and decrease in contamination was reflected in the decrease in COD, the pH and amount of ions. It was possible to study how the development of the vinasse fermentation process as an option to decontaminate the effluent.

Keywords: Effluent's, vinasses, yeast, production

1. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera, una de las más importantes en la provincia, está en expansión, con ella aumentan sus productos y sus efluentes, generando un problema medioambiental que se agrava año a año por estos últimos.

Los residuos agroindustriales en muchos casos se acumulan en terrenos de sacrificio. La inclusión de algunos de ellos para la producción de biomasa generaría incrementos significativos en los niveles productivos y baja en los costos de producción.

Tucumán es el mayor productor de bioetanol a partir de caña de azúcar en Argentina. El principal efluente del proceso de obtención de etanol es la "vinaza". La producción de las destilerías tucumanas, en 2020, fue de 312 millones de litros de bioetanol según el IPPAT (Instituto de Promoción de Azúcar y Alcohol en Tucumán) [1] y teniendo en cuenta que se produce de 13 a 15 litros del efluente por cada litro de etanol [2], se habría generado alrededor de 4 mil millones de litros de vinaza.

Tucumán posee 15 ingenios azucareros y 10 destilerías de etanol, que según el secretario de Medio Ambiente de la Provincia reportan por día 20.000 m³ de vinazas producidas.

La principal limitante de la disposición de los efluentes líquidos de la industria sucroalcoholera, es su gran volumen, sus características ácidas, corrosivas y el elevado contenido de agua, lo que provoca costos económicos y medioambientales en el manejo y transporte de estos.

Como un aporte a esta problemática se plantea transformar parte de las vinazas producidas en subproductos y con ello aumentar su valor agregado y disminuir la contaminación ambiental que ellos producen.

En este trabajo se plantea la producción de una levadura, *Cándida utilis*, usando como sustrato, vinaza.

Cándida utilis, es una levadura que puede metabolizar varios de los componentes presentes en las vinazas como: etanol residual, glicerol y el resto de los azúcares no consumidos en los procesos de fermentación, sin que le afecte significativamente la concentración de ácidos orgánicos presentes en las mismas [3].

Según Saura et al. [4], en el proceso de producción de *Cándida utilis* en vinaza, se genera un producto proteico con alto valor nutricional que podría ser usado como materia prima para alimentación animal y a la vez se produce una remoción directa de más de 60 % de la demanda química de oxígeno (DQO) del efluente. Por tanto, es una opción a tener en cuenta considerando que en los próximos años se incrementara la producción de alcohol y la generación de vinaza, pues el etanol se adiciona a las naftas en argentina, actualmente 12,5 % es un porcentaje que va a aumentar.

En este trabajo se realizó la propagación de levadura *Cándida utilis* con vinazas de destilerías de alcohol, utilizando un reactor tipo "batch", con la finalidad de transformar estos residuos, aumentando su valor agregado y reduciendo la contaminación de los efluentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Química Orgánica y de Microbiología General en la FACET, UNT.

La vinaza fue suministrada por un ingenio azucarero de Tucumán, que utiliza la melaza como materia prima para la producción de etanol. La levadura *Cándida utilis* utilizada en este trabajo fue aislado de muestras recolectadas y aisladas en proyectos anteriores.

Se realizaron 6 fermentaciones en un reactor "batch" a escala laboratorio. El reactor batch consistió en un dispenser de jugos con capacidad máxima de 4 litros, con dos orificios en la tapa, para el ingreso y el egreso del aire conectada a un aireador. Se colocó una manguera de goma perforada y un agitador magnético, en el fondo, para homogeneizar la distribución de aire en el sustrato. El aire es impulsado por un aireador de pecera de caudal máximo 8 l/min. Con el objetivo de mantener las condiciones de esterilidad en el interior del reactor, se utilizó un filtro microbiológico para el ingreso de aire.

Antes de llevar a cabo la fermentación se esterilizó el reactor, el medio de cultivo y todos los accesorios mediante autoclave de tipo Chamberland a una temperatura de 121°C a 1 atmósfera de sobrepresión. Para aquellos componentes termolábiles del reactor se utilizó esterilización por medio de cámara ultravioleta (UV).

Para adaptar la levadura se prepararon 6 medios de cultivos distintos formado por: Papa Dextrosa (PD) y vinaza en proporciones 70-30% y 50-50% respectivamente. Luego de esta adaptación la *Cándida utilis* se llevó a medios de soluciones acuosas de vinaza: 10%, 25%, 40%, 50%.

Se seleccionó para sustrato las soluciones acuosas de vinaza al 50%, como las indicadas para usar en el reactor batch, porque una concentración mayor del efluente inhibe el crecimiento de la levadura. El sustrato se usó sin agregado de nutrientes para el desarrollo de la levadura, pues el efluente tiene los azúcares, sales y componentes necesarios para el crecimiento de *Cándida utilis*.

Posteriormente se inoculó 0,5 ml de la cepa activada en PD en cada uno de los medios antes mencionados y se los dejó incubar en baño termostático con agitación durante 24hs.

Cada ensayo consistió en fermentaciones de una duración de 24hs, a temperatura ambiente, en las cuales se tomaron muestras cada 2 horas, desde el inicio hasta el final de cada ensayo.

Para seguir la cinética de la producción de levadura se midió la concentración celular, cada dos horas con la cámara de Neubauer y contenido de materia seca.

Para analizar la producción de proteína unicelular y la disminución de la carga contaminante de vinaza se realizaron determinaciones por duplicado, al inicio y al final del tratamiento de los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH con pH-metro Orion 420, conductividad con conductímetro Adwa AD32, demanda química de oxígeno (DQO) por método colorimétrico y Nitrógeno mediante el método de Kjeldahl, para verificar el desarrollo de la levadura.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados en los reactores durante su funcionamiento.

La cinética de producción estableció como tiempo de desarrollo de la levadura 21 horas.

Con los datos de concentración celular y contenido de materia seca se elaboró la cinética de desarrollo de *Cándida utilis* en vinaza, Grafica N° 1

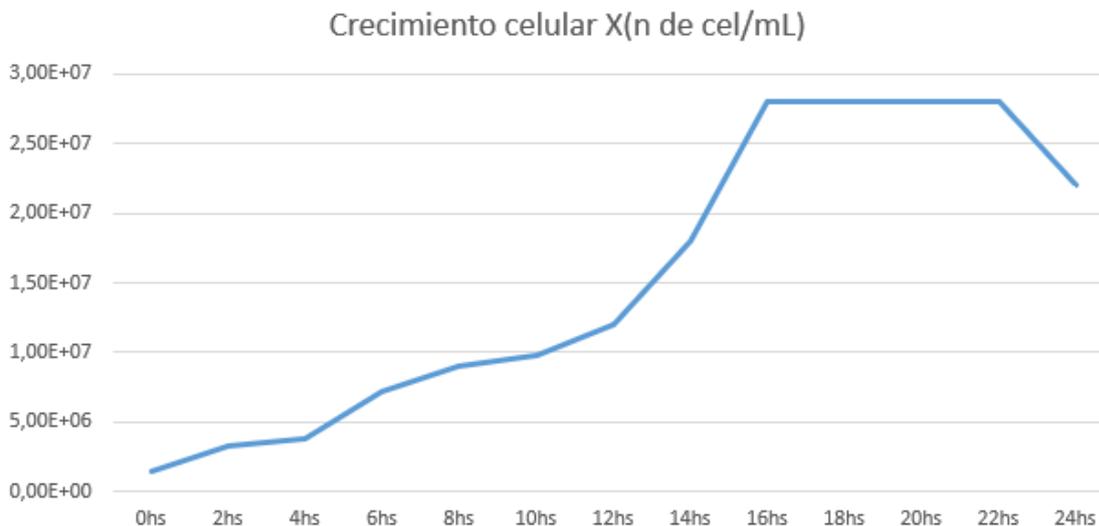


Figura 1: Curva de crecimiento de *Cándida utilis* en solución acuosa de vinaza al 50% expresada como concentración de levadura, X (Cel/MI), vs tiempo (horas).

Se construyó promediando los datos de los 6 ensayos realizados

Se observa en la curva de crecimiento, 3 fases bien definidas, fase "lag" que en nuestro caso dura un promedio de 5 horas, una fase de crecimiento logarítmico o exponencial que termina en promedio a las 10 horas de iniciada la fermentación y una fase estacionaria que en el ensayo duro hasta las 22hs de iniciado el tratamiento.

Los datos obtenidos de pH mostraron que en valores promedios partíamos de muestras de 4,82 inicial y llegamos a 4,90 final con una disminución de 1,3%. Este aumento de pH se atribuye a un consumo de compuestos ácidos durante el desarrollo de *Cándida utilis*.

Los datos de conductividad, tabla N° 1, muestran que entre el inicio y al final de los ensayos, la conductividad disminuyó un promedio de 9%, que indica la disminución de iones en la solución de vinaza. Según Amhed *et al.*, 2015[5], los iones de potasio que se encuentran en grandes cantidades en el suelo tucumano y por ende en la caña de azúcar cuyos jugos originan la vinaza, serían los más removidos durante los ensayos.

Tabla N° 1: Resultados de Conductividad inicial y final en soluciones acuosa de vinaza 50% con desarrollo de *Cándida utilis*

Numero de Ensayo	Conductividad Inicial[mS]	Conductividad Final[mS]	% disminución Conductividad
1	9,34	8,25	12%
2	9,34	8,35	11%
3	9.34	8,64	7%
4	9,34	8,74	6%
5	9,34	8,68	7%
6	9,34	8,60	8%
Promedio			9%

En cuanto a la Demanda química de oxígeno (DQO), los resultados muestran en tabla N°2 una disminución de DQO promedio del 43%. Esto demuestra una buena adaptación de la cepa al efluente y su capacidad para ser usada como tratamiento para reducir el DQO de vinaza. Recordemos que este es un dato de gran importancia si se considera que representa el valor de la contaminación que podría producir el vertido de este desecho, sin tratamiento previo, en fuentes de agua de la zona aledaña a la destilería, por lo que es evidente que luego del tratamiento la vinaza es menos contaminante en un 43%. Este parámetro está estrechamente relacionado de forma inversa con la concentración de oxígeno disuelto en las aguas, siendo un factor muy importante para indicar contaminación.

Tabla N° 2: Valores de DQO al inicio y al final de los ensayos de producción de *Cándida utilis* en soluciones acuosas de vinaza al 50%

Numero de Ensayo	DQO inicial [mgO2/L]	DQO final [mgO2/L]	Remoción DQO %
1	83687	37182	56
2	83687	40178	52
3	83687	50797	39
4	83687	55234	34
5	83687	51193	39
6	83687	52127	38
Promedio			43

La determinación de Nitrógeno total incluye todos los productos naturales, como las proteínas y los péptidos, y aminoácidos entre otros. La importancia de la determinación de este parámetro nos

permite verificar el desarrollo de biomasa en el efluente y nos indica la posibilidad del uso de la vinaza como materia prima en la elaboración de compost o de alimentos para animales [6]. Los datos se muestran en la tabla 3, donde se puede visualizar un aumento promedio de 136% de enriquecimiento proteico en la vinaza debido al desarrollo de la levadura *Cándida Utilis*.

Tabla N° 3: Datos de concentración de nitrógeno inicial y final en soluciones acuosas al 50% de vinaza en ensayos de producción de *Cándida utilis*

N.º ensayo	Nitrógeno inicial vinaza [mg/l]	Nitrógeno final vinaza [mg/l]	Enriquecimiento proteico de vinaza %
1	335	774	131
2	335	777	132
3	335	800	139
4	335	805	140
5	335	792	136
6	335	789	136
Promedio			136

3. CONCLUSIONES

Como conclusión se obtuvo la curva de crecimiento de *Cándida utilis* en solución acuosa de vinaza al 50% y a la vez se observó la disminución de contaminación que se vio reflejada en el descenso de DQO, los valores de pH y la menor cantidad de iones.

Esto abre la posibilidad de realizar la producción de proteína unicelular a partir de un efluente, y que esta proteína podría ser incorporada a alimentos animales y humanos. A la vez colaborar en la disposición final de un efluente como la vinaza, por lo que podría ser considerado tratamiento alternativo de la misma.

4. REFERENCIAS.

- [1] Instituto de promoción del azúcar y alcohol de Tucumán (2020) <https://www.ipaat.gov.ar/wp-content/uploads/2021/03/TOTALES%20HASTA%20DA%20QUINCENA%20FEBRERO%202021.pdf>
- [2,4] Saura Laria, G., Otero Rambla, M. A., Martínez-Valdivieso, J. A., Garrido Carralero, N. y Pérez Bermúdez, I. (2011). "Producción de levadura forrajera a partir de vinazas de destilería. Una solución Ambiental". Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
- [3] Valeiro Alejandro, Portocarrero Rocío, Ullivarri Enrique y Vallejo Juan (2017). "Los Residuos de la Industria Sucro-Alcoholera Argentina. INTA" - EEA Famaillá. *Serie: Gestión de residuos de la industria sucro-energética argentina*. Tucumán, Argentina.
- [5] Ahmed P. M., Pajot H. F., Coronel M., Juárez G., Castellanos L. I., Gusils C. H., (2015). "Estudio de las características composicionales de la vinaza de la caña de azúcar". *X Simposio de Biotecnología RedBio Argentina*.
- [6] Leal G., Iván, & Chirinos, Elisabeth, & Leal, Mayra, & Morán, Héctor, & Barrera, Wilmer (2003). "Caracterización fisicoquímica de la vinaza del Agave cocui y su posible uso agroindustrial". *Multiciencias*, 3(2). Universidad de Zulia, Venezuela.

Evaluación del Ciclo de Vida Útil de los Vertederos, Influencia de la correcta Gestión de los RSU

Martínez Sandra María; Valdeón Daniel; García Luis Francisco; Rodríguez, Marcelo; Albarracín Patricia

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional
sandramartinez@doc.frt.utn.edu.ar; patriciaalbarracin@frt.utn.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo aporta conocimiento para las relaciones entre los Residuos sólidos urbanos (RSU) producidos en las ciudades y las variables influyentes de su gestión, en la vida útil de los vertederos mediante un análisis de las distintas etapas en la gestión de los RSU.

La metodología aplicada consistió en realizar un análisis de situación del vertedero de Overo Pozo donde se realiza la disposición final de los RSU del gran San Miguel de Tucumán y localidades vecinas. Se estudió un modelo de simulación con la finalidad de evaluar el ciclo de vida útil del relleno sanitario. Se evaluó la relación a la aplicación de economía circular, reciclaje, recuperación, etc. Se analizaron los factores que influyen en las etapas de la gestión y en las tecnologías aplicables para su tratamiento.

Entre los resultados se resalta la necesidad de la selección de variables para el estudio ordenado del impacto ambiental del lugar seleccionado para el vertedero, la producción (cantidad y calidad) de los RSU y la necesidad de capacitar a la población para proceder a valorizar, reutilizar y reciclar los RSU.

Como conclusión la evaluación del ciclo de vida útil de un vertedero controlado está relacionada directamente con la conciencia ambiental de la población.

La importancia de la ejecución de técnicas de manejo y aprovechamiento de RSU en el ciclo de operación de un relleno sanitario nos dará la oportunidad del fortalecimiento de un desarrollo sostenible y prolongará la vida útil del vertedero

Palabras Claves: Residuos sólidos urbanos, vertederos, vida útil

ABSTRACT

This work provides knowledge for the establishment of relationships between urban solid waste (MSW) produced in cities and the variables influencing its management, in the useful life of landfills through an analysis of the different stages in MSW management.

The applied methodology consisted of carrying out an analysis of the situation of the Overo Pozo landfill where the final disposal of the MSW of the Gran San Miguel de Tucumán and neighboring towns is carried out. A simulation model was studied in order to evaluate the useful life cycle of the sanitary landfill and the influence of a correct management of the MSW that contemplates the possibility of separating and recovering the MSW. The development of trends in relation to the application of circular economy, recycling, recovery and reuse was evaluated. The factors that influence the various stages of management and the applicable methodologies or technologies for their treatment were analyzed.

Among the results, the need for the detailed selection of variables for the concrete and orderly study of the environmental impact of the place selected for the landfill, the quantity and quality of the MSW disposed and the need to train the population to give value to MSW.

As a conclusion, it was observed that the evaluation of the useful life cycle of a controlled landfill is directly related to the environmental awareness of the population.

The importance of the execution of management techniques and use of MSW in the operation cycle of a sanitary landfill will give us the opportunity to strengthen sustainable development and will prolong the useful life of the landfill.

Keywords: solid waste, landfills, recovering

1. INTRODUCCIÓN

El problema de los residuos sólidos urbanos (RSU), en la gran mayoría de los países, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y su concentración en las áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales [1].

Se prevé que en el curso de los próximos 30 años la generación de desechos a nivel mundial, impulsada por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones, aumentará de 2010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3400 millones, en 2050. Los países de ingreso alto, si bien representan el 16 % de la población mundial, generan más de un tercio (34 %) de los desechos del mundo. La región de Asia oriental y el Pacífico genera casi un cuarto (23 %) del total. Asimismo, se espera que para 2050 la generación de desechos en las regiones de África al sur del Sahara y Asia meridional se triplique y se duplique con creces, respectivamente, [2]. Un tercio de estos residuos producidos se entierran en rellenos sanitarios y el resto constituye un serio problema desde el punto de vista ecológico, higiénico, sanitario, político, social y económico.

Además, el costo del manejo de los residuos (recolección, transporte y eliminación) es elevado.

La disposición y quema de los residuos en un vertedero a cielo abierto no controlados genera una alta contaminación y desaprovechamiento de la potencialidad energética que podría compensar o minimizar los costos devenidos de la gestión adecuada de los RSU, [3].

Según De Luca y Giorgi, 2015, las actividades humanas generan residuos y estos deben ser gestionados y dispuestos en forma correcta, minimizando los posibles impactos sobre la salud y el medio ambiente.

Los actuales sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos incorporan tecnologías con el fin de valorizar el pasivo energético de los RSU, [2].

En Argentina, la gestión de los RSU está regulado por la Ley N°25.916 que establece los presupuestos mínimos para un manejo adecuado de los residuos domiciliarios, a partir de propender a una gestión integral de los mismos, propiciar su valorización y promover su minimización en la generación y disposición final.

La población, altamente concentrada en el sector urbano, reporta una cobertura de recolección de RSU del 99,8 %, una tasa de disposición final en rellenos sanitarios del 64,7 % y una tasa de generación de 1,15 kg/hab./día de RSU, [4].

El 54 % de la población recibe el servicio de recolección en forma tercerizada y el restante 46 % como prestación municipal directa. La frecuencia de recolección diaria es superior al 70 %.

La cobertura de disposición final en RSU del 64,7 % de la población esconde inequidades geográficas. Esta cobertura es menor en las regiones Norte (50,1 %) y Cuyo-Mesopotamia (15,2 %), siendo que en el resto del país es de 79,4 %.

El remanente 35,3 % de la población cuenta con una disposición final inadecuada: 9,9 % en vertederos controlados, 24,6 % en basurales a cielo abierto.

La disposición final del 45 % de la población es atendida mediante servicio municipal directo, contratos de servicios que cubren al 24 % y otras modalidades que cubren al 31 %.1, [4].

En las principales áreas metropolitanas se implementó el Plan Nacional de gestión integral de los residuos sólidos urbanos a partir de allí se promueve el manejo de los RSU con plantas de transferencias, plantas de separación, y disposición final.

En la actualidad, se está desarrollando una industria para el procesamiento de los residuos recuperados (plásticos, vidrios, papel y cartón), los cuales son mayormente recolectados por recuperadores, tanto en la vía pública como en sitios de disposición final.

En relación con las acciones vinculadas específicamente con los Residuos Sólidos Urbanos, la Secretaría de Ambiente de la Nación puso en marcha hace unos años el "Proyecto Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos" (PNGIRSU). En este proyecto se reconoce que "si bien los municipios son los responsables directos del manejo de los residuos, la magnitud de la problemática requiere de la participación de los distintos niveles de gobierno, ya que su inadecuada gestión compromete las condiciones necesarias para asegurar la salud pública y la protección ambiental". Frente a este escenario la Nación a través de la secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) diseñó la Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) que incluye llevar adelante programas y proyectos nacionales relacionados con los residuos sólidos urbanos, [5].

El 24 de agosto de 2009 se acordó abordar en forma conjunta en el gran San Miguel de Tucumán, municipalidades y comunas, el desarrollo de un Sistema de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos integrado, constituyéndose el Consorcio Publico metropolitano (CPM). [6], conformado por los Municipios de Alderete, Banda del Rio Salí, Las Talitas, San Miguel de Tucumán, Tafí Viejo y Yerba Buena. En cumplimiento de la ley provincial N°8177, [7] y su decreto reglamentario 203/9, que obliga a los responsables de la gestión de los RSU a realizar y presentar un plan de gestión

integral. Además de los seis municipios antes mencionados el servicio se extiende a Municipalidades de Lules y Bella Vista, además de las Comunas Rurales y localidades: Cebil Redondo, El Manantial, Raco, San Javier, San Pablo y San Andrés (Figura 1), [8]. A partir de la constitución del CPM el municipio recolecta los RSU domiciliarios mediante un sistema combinado de camión compacto y de caja abierta los traslada a la planta de transferencia de San Felipe y desde allí se traslada para su disposición final en Overo Pozo a 45 Km de la ciudad Capital.

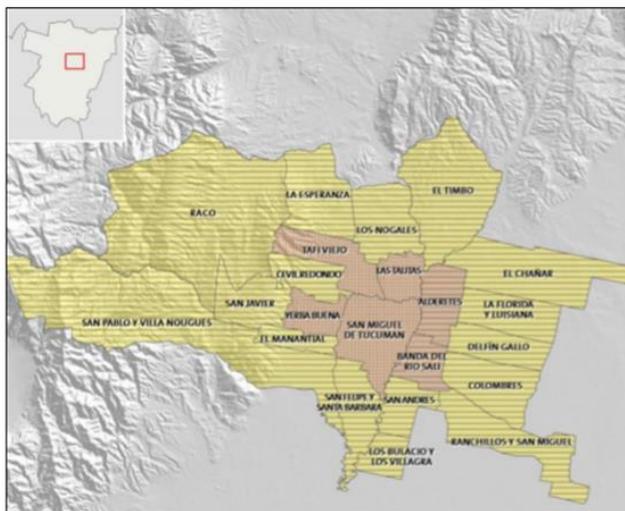


Figura 1. Área metropolitana con gestión de residuos efectuada por CPM, [8].

2. OBJETIVO

El objetivo general de este trabajo es conocer las variables relacionadas al manejo de los RSU que influyen en la vida útil del vertedero de Overo Pozo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo del trabajo se realizaron las siguientes actividades:

- Se elaboró un diagnóstico preliminar de la gestión de residuos sólidos urbanos en el Gran San Miguel de Tucumán y alrededores a fin de conocer la cantidad y calidad de los RSU dispuestos en Overo Pozo.
- Se determinó el volumen de RSU dispuesto desde el inicio del vertedero para estimar la capacidad ocupada del terreno destinado a disposición final.
- Se estudió cómo influye la clasificación y separación de los residuos en la composición de los RSU.
- Se analizó en base a los datos recolectados el tiempo de vida útil del vertedero actual.

Se trabajó con datos oficiales extraídos del Censo 2010 y proporcionados por el CPM.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico preliminar de la gestión de residuos sólidos urbanos en el Gran San Miguel de Tucumán nos dio los siguientes datos:

La provincia de Tucumán ocupa una posición central dentro del Noroeste Argentino. Es una zona que presenta montañas hacia el norte y el oeste y una franja de llanura en el centro y este del territorio. Posee un clima subtropical y es una provincia con abundante vegetación natural y cultivada. En el aspecto económico cuenta con grandes extensiones dedicadas al cultivo de caña de azúcar, de citrus, granos y especies forrajeras y posee las agroindustrias asociadas a estos cultivos.

La actividad agroindustrial genera niveles altos de contaminación y deteriora la calidad de vida de los tucumanos, transformando el tema medioambiental en uno de los principales a asumir por el Estado provincial.

El vertedero de Overo Pozo, a 45 Km de la ciudad Capital, se encuentra en el Gran San Miguel de Tucumán (Figura 2).



Figura 2. Área del Gran San Miguel de Tucumán, [8].

Los RSU que aportan al vertedero de Overo Pozo son los que corresponden al Gran San Miguel de Tucumán y aledaños, gestionados por el Consorcio Público Metropolitano dentro del Plan estratégico Nacional para la gestión integral de los RSU de la República Argentina, y es la zona urbana formada alrededor de la ciudad de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia de Tucumán, Argentina. Tiene una superficie de 114 km² y constituye el quinto aglomerado de importancia del país luego del Gran Buenos Aires, Gran Rosario, Gran Córdoba, y Gran Mendoza. La gestión de los residuos está a cargo de las Municipalidades o comunas, en general la recolección es un servicio público, en San Miguel de Tucumán el servicio es privado, lo realiza la Empresa 9 de Julio.

El camión recolector provisto por los municipios y comunas en gestión pública o privada, traslada los residuos a la planta de transferencia de San Felipe para luego ser llevados, (a cargo del CPM) a Overo Pozo para su disposición final.

Introduciendo el concepto de revalorización de los RSU y economía circular, en la planta de Transferencia, se comenzó a realizar separación a través de cooperativas que trabajan en el predio. En los Municipios de Tafí Viejo y Yerba Buena se propone la recolección diferenciada, la separación, reciclado y comercialización de los RSU con un desarrollo incipiente.

En el municipio de Tafí Viejo se inauguró en marzo de 2018 el Centro de Interpretación Ambiental y Tecnológico (CIAT), para el tratamiento de residuos sólidos urbanos recuperables y su comercialización, para ello dispone de una propiedad de 5 has, al Oeste de la ciudad de Tafí Viejo. En la actualidad se está trabajando en la reutilización de los RSU por ejemplo con los residuos inorgánicos: paneles divisorios, muebles, chapas, bloques. Con los Residuos orgánicos: compostajes.

También se realiza educación ambiental en las instalaciones del centro a escuelas y organizaciones sociales.

En Yerba Buena se implementó la recolección diferenciada y centros de reciclaje.

En San Miguel de Tucumán, en la planta de transferencia de San Felipe, se realiza una etapa de clasificación de residuos. Esta tarea es realizada manualmente por un Consorcio de Separadores, son 34 personas, que separan y comercializan parte de la corriente de residuos no biodegradables que ingresan. La operación se realiza en una playa de descarga, donde el personal separa, clasifica y almacena el material para su posterior venta. Esta separación no es representativa frente al volumen de residuos que ingresan. Sólo se logra separar 68.19 ton promedio por trimestre, que equivale al 0.20% del total de toneladas que ingresan en promedio por mes, [9]. Estudios de caracterización realizados por el CPM, muestran que el 45% de RSU ingresados en la Planta corresponde a la fracción inorgánica, o no biodegradable. Es decir que 15.136,27 ton de RSU podrían trabajarse de manera activa para separar y recuperar el material reciclable. Los recuperadores trabajan en la planta de transferencia y también recogen residuos secos en distintos sectores de San Miguel de Tucumán en general céntrico.

Se proyecta la instalación de una Planta de Separación y Clasificación, que se piensa resultará de gran importancia para mejorar la operación y la gestión de los residuos que maneja el Consorcio Público Metropolitano. El proyecto de planta podría plantearse de manera modular, con el objetivo de ir creciendo gradualmente con el crecimiento de los ingresos de RSU.

Desde el concejo municipal de San Miguel de Tucumán, se trabaja en comisión desde 2020 para la redacción de una ordenanza, con participación de UTN-FRT, la dirección de medio ambiente de la provincia, dirigentes del gremio de porteros, cooperativas de recolectores, etc.) que promueve la recolección diferenciada comenzando por 16 manzanas céntricas a realizar por la empresa de servicio encargada de la recolección de RSU.

4.1. Volumen de RSU que aporta al vertedero

Para la determinación de el volumen de RSU que recibe Overo Pozo se realizó el estudio de la población servida, de la cantidad y calidad de RSU.

Considerando proyecciones, en base el censo 2010, para el 2021 la población servida alcanzaría los 1.005.750 habitantes.

La producción per cápita (PPC) promedio diario de residuos sólidos urbanos, para el país se estimó en: 1,036 kg/hab. *día, [10].

Para la provincia de Tucumán se consideró el valor de 1,252 Kg / hab.*día, según Figura 3, que corresponde a más de 1.000.000 de habitantes.

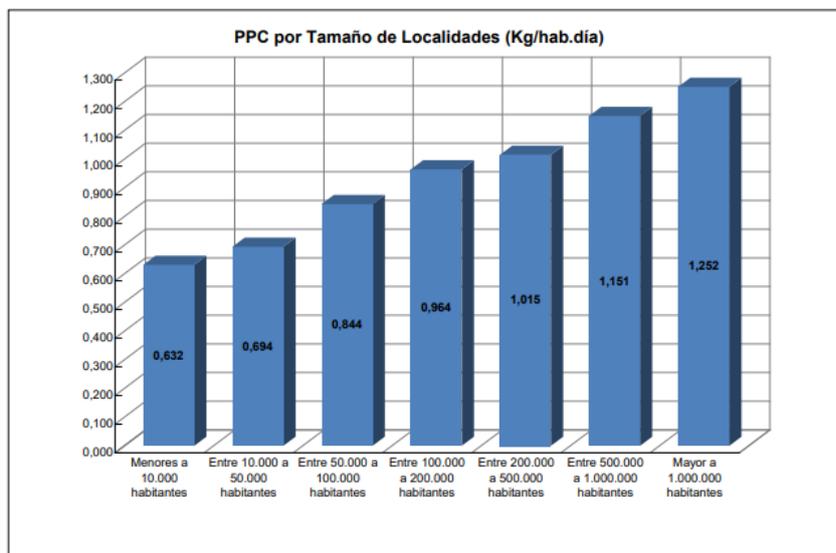


Figura 3. La producción per cápita (PPC) promedio diario de residuos sólidos urbanos. [9]

Con estos datos calculamos la producción de RSU en el Gran San Miguel de Tucumán, Tabla 1.

Tabla 1: Estimación de los volúmenes de RSU vertidos en Overo Pozo desde su inicio en 2010 hasta 2021.

Año	Población N° de Hab.	Producción de RSU Kg/ hab*día	RSU Kg/día	RSU Ton /día	RSU Ton /año
2010	929.529	1,151	1.069.887,88	1.069,89	390.509,08
2011	937.151	1,151	1.078.660,96	1.078,66	393.711,25
2012	944.836	1,151	1.087.505,98	1.087,51	396.939,68
2013	952.583	1,151	1.096.423,53	1.096,42	400.194,59
2014	960.395	1,151	1.105.414,20	1.105,41	403.476,18
2015	968.270	1,151	1.114.478,60	1.114,48	406.784,69
2016	976.210	1,151	1.123.617,32	1.123,62	410.120,32
2017	984.215	1,151	1.132.830,98	1.132,83	413.483,31
2018	992.285	1,151	1.142.120,20	1.142,12	416.873,87
2019	1.000.422	1,252	1.252.528,19	1.252,53	457.172,79
2020	1.008.625	1,252	1.262.798,93	1.262,80	460.921,61
2021	1.016.896	1,252	1.273.153,88	1.273,15	464.701,16
	Volumen acumulado de RSU dispuestos en Overo Pozo desde el año 2010 hasta la fecha			Total Acumulado	5.014.888,54

De igual manera se calculó la cantidad de RSU en Toneladas anuales desde 2022 a 2028, considerando que no se contempla clasificación y separación. Tabla 2.

Tabla 2: Volumen de RSU desde 2022 a 2028.

Año	Población N° de Hab.	Producción de RSU Kg/hab*día	RSU Kg/día	RSU Ton /día	RSU Ton /año
2022	1.025.234,62	1,252	1.283.593,74	1283,59374	468.511,71
2023	1.033.641,54	1,252	1.294.119,21	1294,11921	472.353,51
2024	1.042.117,40	1,252	1.304.730,98	1304,73098	476.226,81
2025	1.050.662,76	1,252	1.315.429,78	1315,42978	480.131,87
2026	1.059.278,20	1,252	1.326.216,30	1326,2163	484.068,95
2027	1.067.964,28	1,252	1.337.091,28	1337,09128	488.038,32
2028	1.076.721,59	1,252	1.348.055,42	1348,05542	492.040,23
	Volumen de RSU dispuestos en Overo Pozo desde el año 2022 hasta 2028				3.361.371,40

4.2. Caracterización de los RSU

Los RSU están formados por materia orgánica, materia de rápida degradabilidad, plásticos, material no degradable, plásticos, papel y cartón; vidrios y otros reciclables y/o reutilizables, etc. Para determinar la masa de RSU destinada a la disposición final de Overo Pozo se debe conocer los porcentajes de cada componente de RSU.

Se obtuvo información sobre caracterizaciones realizadas por el CPM, bajo Norma ASTM D-5231-92 "Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste" (Método de Ensayo Estándar para la Determinación de la Composición de Residuos Sólidos Municipales sin Procesar) y se realizó un muestreo representativo en el año 2020 en Tafí Viejo, una ciudad que dispone sus residuos en Overo Pozo.

Se seleccionó la ciudad de Tafí Viejo porque allí se está trabajando con separación, recuperación, reciclaje y comercialización de los RSU bajo los conceptos de la economía circular.

En total se recogieron 200 kg de residuos aproximadamente, se realizó el cuarteo de la muestra, se homogeneizó y se extrajo para caracterizar 50 Kg. Se analizaron las muestras en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) bajo normas IRAM.

Se observó que a partir de la creación de Centro de Interpretación Ambiental Tafí Viejo (CIAT), se realizaron diversas capacitaciones y campañas de concientización a la población de la ciudad de Tafí Viejo sobre la importancia de la valoración de los RSU, la posibilidad de reúso y reciclado a través de la separación-clasificación, lo que estimuló la separación en origen.

Con los valores obtenidos, se calculó la incidencia por componente promedio y la desviación estándar como se muestra en Tabla 3.

Tabla 3: Promedio y desviación estándar por componente de los RSU generados en Tafí Viejo, según muestreo 2020 realizado por UTN FRT y EEAOC,

Tipo de RSU	Promedio	Desviación
Plásticos	18	5,86
Telas	6	4,52
Papel y cartón	12,99	5,06
Orgánicos	36	5,92
Madera	5	6,49
Goma	2	3,70
Pañal	4	2,98
Vidrio	11	5,53
Telgopor y goma espuma	1	1,48
Tetra pack	4	2,22
Otros	0	0,89

Se compararon los promedios de cada componente con los valores obtenidos en la caracterización realizada por el CPM en el año 2013, 2015 [8] y la caracterización realizada por convenio UTN FRT y EEAOC en 2020. Los resultados se expresan en la Figura 4.

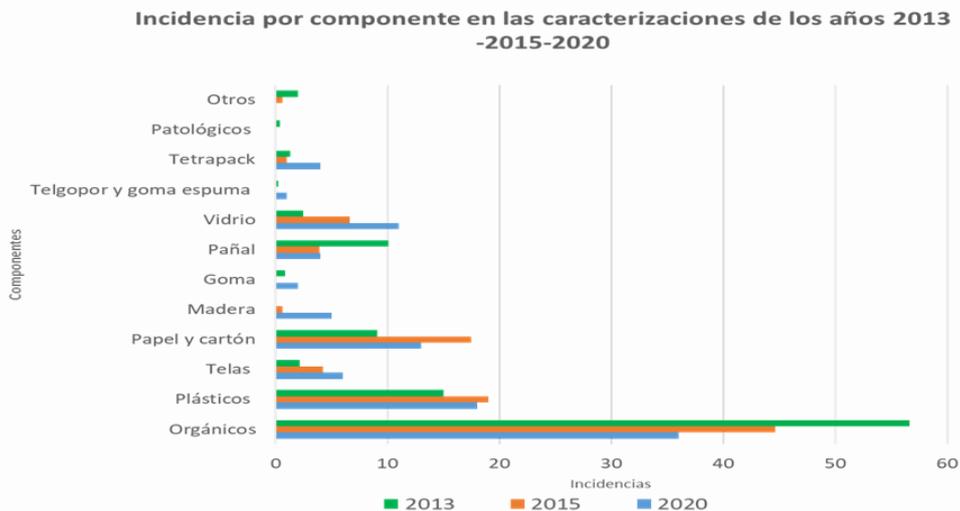


Figura 4: Incidencia por componente observadas en caracterizaciones realizadas en los años 2013, 2015 y 2020.

Dada la similitud de los datos obtenidos y para valorar la posible disminución del volumen de RSU destinado a Overo Pozo, se considerará los resultados obtenidos para Tafí Viejo y se pudo observar que:

- En el caso de componente orgánico, la incidencia del componente disminuyó entre 2015, era 44,61%, y en 2020, 36%, manteniendo la tendencia si se considera que en la caracterización de 2013 la incidencia del componente orgánico alcanzaba el 56,62%.

- La incidencia de componentes como plásticos, papel y cartón disminuyeron; vidrios y otros reciclables y/o reutilizables factibles de enviar a CIAT como tetrapack, madera, telgopor y goma espuma, aumentaron.

- Se pudo observar que la disminución en plásticos, cartones y papeles fue del 1%.

Para este trabajo, se supuso que esta tendencia de disminución de los RSU a disponer en Overo Pozo se mantendría en los distintos municipios del CPM de manera similar a lo que ocurre en Tafí Viejo con proyectos de separación, clasificación y reutilización de RSU.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se adoptó, un volumen promedio de RSU a trasladar a Overo pozo del 40% del RSU total a partir del año 2021,

Para observar las diferencias en los volúmenes de RSU sin separación que pudieran ser llevados al vertedero y aquellos con separación calculamos en Tabla 4 los acumulados anuales.

Tabla 4: Volumen de RSU desde el año 2022 hasta 2028 con y sin separación

Año	RSU Anual sin separación	RSU Anual con separación
2022	468.511,71	187.404,69
2023	472.353,51	188.941,40
2024	476.226,81	190.490,72
2025	480.131,87	192.052,75
2026	484.068,95	193.627,58
2027	488.038,32	195.215,33
2028	492.040,23	196.816,09
RSU en ton a disponer en Overo Pozo desde año 2022 hasta 2028	3.361.371,40	1.344.548,56

Según estos datos los valores promedio de RSU sin separación producidos en el área servida por CPM corresponden a 480.000 ton/año y considerando un peso volumétrico de 0,750 ton/ m3, [11] el valor promedio de volumen anual de RSU será:

$$(480.000 \text{ ton/año}) / (0,750 \text{ ton/m}^3) = 640.000 \text{ m}^3/ \text{ año (1)}$$

4.3. Vida útil del Vertedero

Según datos obtenidos de CPM en el año 2014, de las 99 has destinadas para la planta de disposición de Overo Pozo se encontraban ocupadas el 33% entre celdas, lagunas, talleres, oficinas y circulación, y en el año 2018 se encontraba ocupada 50% del total.

Según Costilla, 2018, cada celda tiene un volumen de 327.600 m³ por lo que, atendiendo los volúmenes calculados en (1) se llenaría aproximadamente 2 celdas anuales. Y considerando un aumento promedio de los volúmenes de RSU de 20% cada dos años (ver tabla 4), el predio del vertedero estaría en la actualidad, ocupado un 60% aproximadamente. Con esta proyección el vertedero de Overo Pozo se llenaría en 2027.

5. CONCLUSIONES

Es necesario tomar medidas urgentes para disminuir el volumen de RSU que llega a disposición final en Overo Pozo o sea implementar de inmediato los procesos de clasificación y separación de RSU para no colmatar el vertedero en los próximos 6 años.

Es conveniente realizar una planta de tratamiento de lixiviados para evitar el uso de lagunas de evaporación a cielo abierto que contribuyen a aumentar la contaminación del sitio y ocupan mucha superficie.

Si no se implementan políticas de economía circular la provincia de Tucumán está destinada a tener que habilitar otros vertederos en los próximos años.

6. REFERENCIAS.

[1] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017.
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu>

[2] Informe del Banco Mundial. Septiembre 2018 “Waste 2.0: A Global Snapshot of solid waste Management to 2050”.

[3] Femayor Garay et al., 2016. “Pirolización de RSU. Caracterización energética de los residuos y análisis de tecnologías aplicables para la generación de energía eléctrica”.

[4] (BID-AIDIS-OPS). Informe final del Estudio Diagnóstico del área metropolitana de Tucumán (EDAMET)- Universidad Nacional de Tucumán- Programa de Desarrollo de Áreas Metropolitanas del Interior (DAMI)- Estudio de Diagnóstico del Área Metropolitana de Tucumán (EDAMET)

[5] Ley Nacional N° 25916/04 Gestión de residuos domiciliarios.
<http://www0.unsl.edu.ar/~atissera/Leyes%20Nacionales/Ley%20PPMM%2025916%20Residuos%20Domiciliarios.pdf>

[6] Ley Provincial N° 7893. – Convenio para la creación del Consorcio Metropolitano para la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Publicación en el B.O.: 30/07/2007, Provincia de Tucumán

[7] Ley provincial N° 8177. Ley de gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Año 2009
<https://www.ecolex.org/details/legislation/ley-no-8177-ley-de-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-urbanos-lex-faoc109739/>

[8] Costilla, Rubén. “Aporte metodológico para la evaluación de impacto ambiental de proyectos de gestión integral de residuos sólidos urbanos en Tucumán (Argentina)”. 2018 Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. CEDIA. FRT, UTN.

[9] Censo 2010. Disponible en: <http://sep.tucuman.gob.ar/dataset/poblacion>

[10] De Luca, Marcela; Giorgi, Néstor. “Estudio de estrategia y factibilidad de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) para la República Argentina”. Área de Pensamiento Estratégico. 2015.

[11] Capítulo 4 Diseño del Relleno Sanitario. Universidad de Sonora. (s.f.) Recuperado el 7 de septiembre de 2019, de http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1515/Capitulo_4.pdf

[12] Situación del Área Metropolitana de Tucumán, 2014.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/dami.uec.gov_ar_informe-de-situacion-del-area-metropolitana-de-tucuman-2014.-informe-final_0.pdf

7. AGRADECIMIENTOS

Los Autores desean Agradecer a las Autoridades de COINI por permitirnos presentar nuestro trabajo, a la FRTUTN y a la EEAOC por darnos su apoyo para nuestra investigación.

Una Metodología para Evaluar las Medidas de Control para Peligros Significativos en la Producción de Frutillas Congeladas del Trabajo

Chauvet, Susana*; Albarracín Patricia; Belló, Berta; Sánchez Loria, Carlos; Alves, Nancy

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán
schauvet@herrera.unt.edu.ar; palbarracin@herrera.unt.edu.ar, ebello@herrera.unt.edu.ar,
csanchezloria@herrera.unt.edu.ar, nalves@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN

Uno de los cambios de la Norma ISO 22000:2018 es el requisito 8.5.2.3 sobre categorizar una medida de control como Punto Crítico de Control (PCC) o Programa de Prerrequisito Operativo (PPRO) mediante un enfoque sistemático basado en probabilidad, gravedad y viabilidad de monitoreo. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología que fue aplicada en la producción de Frutillas congeladas, basada en una adaptación del Análisis de Modos de Falla y Efectos y preguntas del árbol de decisión del CODEX. Evalúa la probabilidad y gravedad de falla para determinar el Riesgo como "alto" o "bajo". Para la probabilidad utiliza alto o bajo y para la gravedad se formulan las preguntas: ¿Hay posibilidad de pérdida de inocuidad?, ¿Es la última medida de control?, ¿La medida de control es específica?, ¿La medida es única? Y en función de las respuestas se establece, dos niveles (alto o bajo). Luego se evalúa el Riesgo de falla y la Viabilidad de seguimiento. Esta última surge de tres preguntas vinculadas a los límites críticos, el seguimiento y la corrección por falla. Al aplicarla al proceso de frutillas congeladas, se determinó como PCC el control de cloro en lavadora para peligro químico y como físico el detector de metal; y como PPRO el control del magneto y de temperatura de cámara. Como conclusión, la metodología permitió evaluar las medidas de control y cumplir con uno de los cambios la ISO 22000, siendo además posible de ser aplicada a otros procesos de producción de alimentos.

Palabras Claves: Medidas de control, Peligros, Inocuidad alimentaria, frutillas congeladas.

ABSTRACT

One of the changes to the ISO 22000: 2018 Standard is requirement 8.5.2.3, which indicates that control measures of Critical Control Points (CCP) or Operational Prerequisite Program (OPRP) must be categorized using a systematic approach based in probability, severity of consequences and monitoring's feasibility. The aim of this work is to present a methodology used in frozen strawberry production. It is based on an adaptation of the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and questions from the CODEX decision tree. This methodology evaluates the probability and severity of a process' failure to determine the Risk of Failure as "high" or "low". For probability, a two-level scale (high or low) is used and for severity four yes or no questions are used: "Is there a possibility of loss of food safety?", "Is it the last control measure?", "Is it specific?" and "Is the measure unique or not?". Following the responses, two levels are established (high, low). Afterwards, risk of failure and tracing feasibility are evaluated. The latter is determined from three questions: "Is it possible to establish critical limits and define measurable action criteria?", "Can detection and tracing of critical limits failure be done?" and "Can a predetermined correction be applied?".

When applying this methodology to the production of frozen strawberries, PCCs were established at the chlorine control in the washing machine as chemical danger and the metal detector as physical danger; and as OPRP, the magneto control and the temperature of the conservation chamber. In conclusion, the proposed methodology allowed to evaluate the control measures and compliance with one of the changes to the ISO 22000 Standard, making it possible to be applied to other food production processes.

Keywords: Control measures, Hazards, Food safety, Frozen Strawberries.

1. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones y consumidores muestran cada vez mayor preocupación por la inocuidad de los alimentos, buscando así preservar la salud. El adecuado control de la cadena de producción de alimentos, teniendo en cuenta todas sus etapas, es la única forma de garantizar la inocuidad de los alimentos [1].

La norma ISO 22000 [2], establece los requisitos que una organización en la cadena alimentaria tiene que cumplir para tener un Sistema de Inocuidad Alimentaria. Desde la publicación de la norma ISO 22000 en 2005, ha sido bien recibida por la industria alimentaria y se ha convertido en un estándar mundial a tener en cuenta. Es una verdadera respuesta de responsabilidad conjunta, involucrando a todos los responsables de la inocuidad en la elaboración de alimentos.

La norma fue inspirada en el Sistema de Gestión de Calidad, ajustando su aplicabilidad a la inocuidad alimentaria e incorporando los principios ampliamente utilizados y exitosos del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) [3] y los principios de fabricación que deben cumplir los programas de prerrequisitos.

Entre los beneficios de cumplir con la Norma ISO 22000 están: controlar de forma eficiente y dinámica los peligros para la inocuidad alimentaria, implementar un proceso de mejora continua y/o mantenerlo para asegurar la eficacia de la producción, asegurar el cumplimiento de la legislación vigente, contar con un estándar reconocido internacionalmente, proporcionar confianza a los consumidores mediante la transparencia en la gestión y la calidad en los productos o servicios de la organización.

Con el objetivo de garantizar cada vez más la inocuidad de los alimentos desde la “granja a la mesa” y afianzar la relación de confianza entre las empresas del rubro y las partes involucradas, la norma fue revisada en 2018 donde se han introducido como principales cambios, la estructura de alto nivel como base, los términos contexto y partes interesadas, pensamiento basado en el riesgo, mayor énfasis en liderazgo y compromiso de la Dirección, ampliación de los requisitos relacionados con las comunicaciones, la gestión de cambio, el control de procesos, productos o servicios suministrados y varios cambios relacionados con el HACCP [2]. En relación con este último punto uno de los cambios está en la necesidad de establecer una metodología basada en un enfoque sistemático para seleccionar y categorizar las medidas de control de peligros significativos en Punto Crítico de Control (PCC) o Programa de Prerrequisito Operativo (PPRO).

Las empresas han debido actualizar su Sistema de Gestión de Inocuidad basado en la revisión de 2018 de la Norma ISO 22000.

En este trabajo se presentan los resultados aplicando una metodología propuesta para evaluar las medidas de control a un empaque de frutillas de la provincia de Tucumán que procesan frutilla congelada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La Norma ISO 22000: 2005 [4] define “medida de control” como la acción o actividad que es esencial para prevenir un peligro significativo relacionado con la inocuidad de los alimentos o reducirlo a un nivel aceptable.

Para establecer la metodología se utilizó como base los principios del Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) [5] desarrollada para identificar las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas [6]. Esta metodología permite priorizar los modos de falla identificados de acuerdo con el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) que es función de la frecuencia de ocurrencia (F), la gravedad (G) y grado de facilidad para su detección (D) [7], se evalúa en una escala de 1 a 10, según la ecuación (1).

$$NPR = F * G * D \quad (1)$$

En el requisito 8.5.2.3 de la Norma ISO 22000:2018 [2] sobre selección y categorización de las medidas de control, se establece que la organización debe seleccionar una medida de control o combinación de medidas de control apropiadas, que sea capaz de prevenir o reducir estos peligros significativos identificados relacionados con la inocuidad de los alimentos hasta los niveles aceptables definidos. La organización debe categorizar las medidas de control, identificadas y seleccionadas, para ser gestionadas como los PPRO o en los PCC. Lo que solicita es que se utilice un enfoque sistemático. Para cada una de las medidas de control seleccionadas, se debe realizar una evaluación contemplando:

- a) la probabilidad de que falle su funcionamiento;
- b) a gravedad de la consecuencia en el caso de que falle su funcionamiento. Esta evaluación debe incluir:
 - el efecto sobre los peligros significativos relacionados con la inocuidad de los alimentos identificados;

- la ubicación en relación con otras medidas de control;
 - si está específicamente establecido y aplicado para reducir los peligros a un nivel aceptable;
 - si se trata de una medida única o es parte de una combinación de medidas de control.
- c) la viabilidad de seguimiento: establecer límites críticos medibles y/o criterios de acción medibles/observables; seguimiento para detectar cualquier falla en permanecer dentro del límite crítico y/o criterios de acción medibles/observables; aplicar correcciones oportunas en caso de falla.

Para establecer la metodología a efectos de evaluar una medida de control se tomó en consideración las variables del FMEA solo que se renombraron la frecuencia de ocurrencia como probabilidad (P) y el nivel de detección por viabilidad de seguimiento (VS). El cálculo de la Ecuación (1) se lo planteo en dos etapas, primero probabilidad por gravedad y luego por nivel de detección, a través de preguntas cuyas respuestas son cualitativas, esto para tomar en cuenta el requisito 8.5.2.3 de la Norma ISO 22000 [2], con un enfoque sistemático.

Para la selección de las respuestas a las preguntas se tomó en cuenta que la producción de frutillas es por temporada que va desde julio a diciembre.

Para evaluar la probabilidad se planteó la Pregunta 1: ¿Cuál es la Probabilidad de que falle la medida de control?, y se propusieron dos posibles respuestas para seleccionar. 1) Alta, la que se definió como que falló por lo menos una vez en la temporada y 2) Baja: No falló en la última temporada.

Para la gravedad se formuló la Pregunta 2: ¿Cuál es la Gravedad de las consecuencias en el caso que falle su funcionamiento?, y se propusieron 2 posibles respuestas 1) Alta, y 2) Baja que surgen como respuestas 4 preguntas, cuyas respuestas pueden ser “Si” o “No”, de donde, en el caso de tener 3 o más respuestas positivas se considerará Alta, caso contrario tiene que calificarse como Baja. Las preguntas formuladas son:

P1) es acerca del efecto de la medida de control sobre los peligros significativos relacionados con la inocuidad de los productos identificados: ¿Hay posibilidad de pérdida de inocuidad? (SI/NO)

P2) es sobre la ubicación de la medida de control en relación con otras medidas de control.; ¿Es la última medida para controlar el peligro? (SI/NO)

P3) es sobre si está específicamente establecida y aplicada la medida de control para reducir los peligros a un nivel aceptable; ¿Se trata de una medida específica aplicada para reducir los peligros a un nivel aceptable? (SI/NO)

P4) es sobre si se trata de una medida única o es parte de una combinación de medidas de control (tiene que ver con efecto sinérgico). ¿Es una medida única? (SI/NO).

Se propuso efectuar el análisis de riesgo tomando en cuenta la probabilidad y la gravedad para ello se definió el Riesgo de Falla (RF) de la medida de control mediante la ecuación (2).

$$RF = \text{Probabilidad (P)} * \text{Gravedad (G)} \quad (2)$$

En base a las preguntas 1) y 2) los valores posibles de Probabilidad y Gravedad son: Alta y Baja. En la Tabla 1 se presenta las combinaciones posibles entre P y G.

Tabla 1: Matriz de Riesgo de Falla medida control

Probabilidad	Gravedad	
	Alta	Baja
Alta	A	B
Baja	A	B

Siendo:

A: Alto riesgo que falle medida de control

B: Bajo riesgo que falle medida de control

Para evaluar la viabilidad de seguimiento (VS) se propuso hacerlo mediante 3 preguntas cuyas respuestas pueden ser Si o NO.

Se adoptó que en el caso de 2 o más respuestas positivas se considerará Alta, caso contrario tiene que calificarse como Baja.

P1) evalúa si es posible establecer límites críticos medibles y/o criterios de acción medibles/observables.: ¿Se puede establecer límites críticos y definir los criterios de acción medible? (SI/NO)

P2) se evalúa si es viable el seguimiento para detectar cualquier falla en permanecer dentro del límite crítico y/o criterios de acción. ¿Se puede hacer el seguimiento para detectar fallas al cumplir con los límites críticos y/o criterios de acción? Si/NO

P3) Posibilidad de aplicar correcciones oportunas en caso de falla: ¿Se puede aplicar una corrección de manera inmediata y predeterminada? (SI/NO).

Tabla 2: Evaluación medida de control en PCC o PPRO

VS: Viabilidad de Seguimiento	RF: Riesgo de Falla Medida de Control	
	Alta	Baja
Alta	PCC	PPRO
Baja	PPRO	PPRO

Fuente: Food Safety System Certification 22000 (2019).

Luego se propuso en base a lo obtenido en Riesgo de Falla de la medida de control (RF) y la Viabilidad de Seguimiento (VS) se determina si la medida de control corresponde a un PCC o PPRO, según se detalla en Tabla 2 [8].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez efectuado el Análisis de Peligros y determinado los peligros significativos según el programa de HACCP [1] se determinaron las medidas de control de los peligros significativos que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Peligros significativos y medidas de control

Etapa	Peligro	Detalles peligro	Medidas de Control
Materia prima: Frutilla	biológico	Microorganismos patógenos (E. Coli)	1.Lavado de fruta con agua clorada
Magneto	físico	Fallas de funcionamiento de magneto	1.Control del Magneto 2.Control Detector Metal
Túnel Dinámico de Congelado	biológico	Potencial falla del túnel no logrando congelar a menos -18°C	1.Control de la Temperatura
Detector de Metales	físico	No detección de partículas Fe, NoFe y Al	1.Control Detector de metal

En base a las medidas de control se procedió a aplicar la metodología. Por ejemplo, para la etapa magneto se cuenta con 2 medidas de control: magneto y detector de metal

a) Magneto

Probabilidad: ¿Cuál es la Probabilidad de que falle la medida de control? Baja.

Gravedad

P1) ¿Hay posibilidad de pérdida de inocuidad? SI

P2) ¿Es la última medida para controlar el peligro? NO

P3) ¿Se trata de una medida específica aplicada para reducir los peligros a un nivel aceptable? SI

P4) ¿Es una medida única? NO.

Se tiene 2 SI, por lo tanto, la Gravedad: BAJA

De tabla 1 se obtiene un RF= B o sea bajo riesgo que falle medida de control.

Viabilidad de seguimiento (VS)

P1) ¿Se puede establecer límites críticos y definir los criterios de acción medible? NO

P2) ¿Se puede hacer el seguimiento para detectar fallas al cumplir con los límites críticos Y/O criterios de acción? SI

P3) ¿Se puede aplicar una corrección de manera inmediata y predeterminada? SI.

Dado que la cantidad de respuestas SI obtenidas es 2 entonces la VS es Alta.

Según Tabla 2, el magneto resulta ser PPRO

b) Detector de metal

Probabilidad: ¿Cuál es la Probabilidad de que falle la medida de control? Baja.

Gravedad

P1) ¿Hay posibilidad de pérdida de inocuidad? SI

P2) ¿Es la última medida para controlar el peligro? SI

P3) ¿Se trata de una medida específica aplicada para reducir los peligros a un nivel aceptable? SI

P4) ¿Es una medida única? NO.

Como se tiene 3 respuestas SI, por lo tanto, la Gravedad es ALTA

De tabla 1: RF= A: Alto riesgo que falle medida de control

Viabilidad de seguimiento

P1) ¿Se puede establecer límites críticos y definir los criterios de acción medible? SI

P2) ¿Se puede hacer el seguimiento para detectar fallas al cumplir con los límites críticos y/o criterios de acción? SI

P3) ¿Se puede aplicar una corrección de manera inmediata y predeterminada? SI.

Debido que la cantidad de respuestas SI es 3, entonces VS=Alta

Según Tabla 2, el detector de metales resulta ser PCC

Luego de aplicar la metodología a todas las medidas de control resultaron PCC: lavado de fruta con agua clorada y el detector de metales y PPRO el magneto y el control de temperatura del túnel de congelado.

3. CONCLUSIONES.

Se logró determinar una metodología que toma en cuenta la probabilidad, la gravedad de la falla y la viabilidad de seguimiento, mediante preguntas fáciles con respuestas dicotómicas: SI/NO y en función de la cantidad de SI se definen si la gravedad y la viabilidad es ALTA o BAJA y luego con la matriz de Riesgo y la evaluación de PCC y PPRO se cataloga la medida de control.

Con la metodología aplicada al proceso de frutillas congeladas, se logró evaluar las medidas de control de los peligros significativos que surgieron del Análisis de Peligros, definiendo el lavado de fruta con agua clorada y el detector metal como PCC; y el magneto y el control de temperatura del túnel de congelado como PPRO. Como conclusiones se determinó una metodología que cumple con los criterios de la Norma ISO 22000 y que puede ser aplicada a otros procesos de fabricación de alimentos con una definición de los tiempos en el cálculo de probabilidad, que en el caso de frutillas se adoptó la ocurrencia de un evento en la temporada.

4. REFERENCIAS.

- [1] Forsythe, S.J., Hayes, P.R. (2002). *Higiene de los Alimentos. Microbiología y HACCP*. Editorial Acribia S.A. España
- [2] Norma ISO 22000: 2018. (2018) *Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos, Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Ginebra, Suiza.
- [3] Corlett, Donald. (1998). *HACCP User's Manual*. Chapman & Hall Food Science Title. Maryland.
- [4] Norma ISO 22000: 2005. (2005) *Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos, Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Ginebra, Suiza.
- [5] Gryna, F., Chua, R. Defeo, J. (2007). *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad*. 5ª Edición. Mc Graw Hill, USA.
- [6] Pyzdek T., Berger R. (1996). *Manual de Control de la Calidad en la Ingeniería*. 1ª Edición. Mc Graw Hill, USA.
- [7] Juran, J., Gryna F. (1996). *Manual de Control de Calidad*. 4ª Edición. Mc Graw Hill, USA. 19
- [8] FSSC 22000 (2019). *Guidance Document: ISO 22000 Interpretation. Version 5* December 2019. Foundation FSSC 22000.

Six Sigma y Costos de Calidad en el Sector Vitivinícola. El Caso de Bodega Chandon en Mendoza

Anzoise, Esteban; González, Celia; Bertoni, Juan José; Scaraffia, Cristina A.

*Instituto de Gestión Universitaria – Grupo IEMI
Facultad Regional Mendoza, UTN
Rodríguez 273, Ciudad (5500) Mendoza
esteban.anzoise@frm.utn.edu.ar*

RESUMEN

La caída en el consumo de vino espumante en el mercado interno de Argentina del 45% (2015-2019) luego de un crecimiento sostenido del 227% (2000-2015); junto con el incremento en el número de bodegas fraccionadoras de vino espumante de 61 a 143 (2005-2016) y la caída en el volumen de exportaciones del 27% (2012-2019) genera un escenario altamente competitivo con márgenes de rentabilidad decrecientes. Este estudio piloto busca identificar el modelo de costos de calidad prevalente en las bodegas fraccionadoras de vino espumante para contribuir a la mejora tanto de su nivel de rentabilidad como su competitividad global. En consecuencia, se plantea el estudio del caso de Bodegas Chandon, líder en el mercado de vino espumante a nivel nacional y global, localizada en la provincia de Mendoza, que posee el 30% del mercado argentino de vino espumante al año 2021 y exporta el 20% de su producción. Este estudio piloto identifica que el modelo prevalente de costos de la calidad permite alcanzar el 100% de productos conforme a especificaciones con un costo finito de la calidad. Este análisis también muestra una correlación negativa entre los costos de fallas internas y el porcentaje de productos conforme a especificaciones. Este estudio identifica que el logro del 100% de productos conforme a especificaciones en una bodega con un alto nivel de producción se centra en la mejora de cada puesto de trabajo en lugar de la incorporación de alta tecnología. Este enfoque se puede extender a las restantes 142 bodegas fraccionadoras de vino espumante que conforman el 15% del sector vitivinícola. A la fecha, hay una ausencia de investigación para determinar el modelo prevalente de costos de la calidad en el sector. Este estudio permite avanzar en esta área.

Palabras Claves: costos de calidad, modelo de costos de la calidad, vitivinicultura, Six Sigma, bodegas fraccionadoras, vino espumante

ABSTRACT

The 45% sparkling wine's consumption drop (2015 to 2019) following a 227% steady grow (2000-2015); the increasing number of sparkling wine houses (61 to 143) and 27% export drop (2012-2019) generated a highly competitive market and decreasing profitability. This pilot study aimed at identifying the prevalent quality cost model in sparkling wine houses and its impact on their profitability. With a case study approach, this exploratory longitudinal research analyzed Bodegas Chandon as the market leader in sparkling wine in Argentina. This study shows the prevalence of the finite quality cost model, which would allow production at 100% product conformity to specifications. The analysis also shows a negative correlation between total quality costs and the rate of product conformity to specifications. This indicates that improving each job along the production line and the production process, instead of adopting high technology production lines, would allow a 100% product conformity to specifications. This approach may improve the financial results of the sparkling wine houses (15% of the winery sector). To date, there is an absence of research about the prevalent quality cost model in the winery sector, and this study fills the gap in existing literature.

Keywords: PAF model, quality cost model, urban winery, Six Sigma, viticulture, sparkling wine

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII [ir](#)

Contexto Productivo y Medioambiental de la Industria Nacional e Internacional del Mármol: Problemas y Soluciones hacia una Industria Sostenible

Teodoro Alarcón-Ruiz^{1*}. Isidro Rodríguez Montoro². Luis Enrique García Santamaría³. Graciela Elizabeth Nani González⁴. Gregorio Fernández-Lambert⁵

¹Tecnológico Nacional de México-Campus Puebla.

²Tecnológico Nacional de México-Campus Misantla.

teodoro.alarcon@puebla.tecnm.mx; irodriguez@itsm.edu.mx; legarcias@itsm.edu.mx; genanir@itsm.edu.mx; gfernandezl@itsm.edu.mx.

RESUMEN

En el orden internacional, la industria del mármol reporta impulsar el desarrollo socioeconómico de sus comunidades. Sin embargo, la explotación e industrialización del mármol a partir de los años 60s ha sido una actividad compleja en todas sus etapas para lograr una eficiencia productiva y con el mínimo impacto ambiental. Este artículo resalta los problemas y soluciones de la industria del mármol desde un contexto productivo y medioambiental, con alcance nacional e internacional. Los hallazgos reportados en la literatura muestran un panorama socioeconómico y ambiental con similitudes y múltiples carencias como: la falta de estrategias de suministro, gestión y organización en su cadena productiva, así como impactos negativos a la salud y al ambiente. Por otro lado, el vacío de métricas, más allá de las reportadas de forma proporcional por los autores, no permite posicionar competitivamente a esta industria. Basado en una revisión sistemática de la literatura nacional e internacional, y aunado a una investigación de campo en la región de Puebla-México, se revisó el desempeño productivo y ambiental de tres empresas marmoleras. Como resultado de la revisión, se definieron tres dimensiones de desempeño: el desempeño laboral, desempeño productivo; y la dinámica medioambiental.

Palabras Claves: Pétreos, Industria limpia. Minería. Cantera. Materiales de construcción

ABSTRACT

In the international order, the marble industry reportedly promotes the socioeconomic development of its communities. However, since the 1960's the exploitation and industrialization of marble have seen abundant challenges in achieving productive efficiency with minimal environmental impact. This paper highlights the problems and solutions of the marble industry from a production and environmental context, on national and international levels. The findings reported in the literature show a socioeconomic and environmental panorama with similarities and shortcomings. The major characteristics are a lack of supply, management and organization strategies in its production chain, as well as negative impacts on health and the environment. A minor characteristic included the lack of metrics and standards, reported by the authors, making it difficult to position this industry at different and competitive levels. Based on a systematic review of the national and international literature, and together with a field investigation in the Puebla-Mexico region, the production performance and environmental performance of three marble companies were studied. As a result of this study, three performance dimensions for this industry: job performance, productive performance, and environmental dynamics were defined as key elements.

Keywords: Stony, Clean industry, Mining, quarry, Industrial building materials (construction materials)

1. INTRODUCCIÓN

México es un País con potencial en la explotación e industrialización de rocas dimensionales, específicamente de mármol. En el año 2018 la industria del mármol reportó un aporte económico estimado de 12 mil millones de dólares [1]; mientras que, Italia, y en particular el distrito de Apuo-Versiliese, proyecta alcanzar 64 mil millones de dólares para el año 2023 [2]. Esta proyección económica resalta la importancia económica para las regiones en que se asienta esta industria, sin embargo contrasta con su dinámica productiva de explotación y procesamiento. En este sentido, la literatura ha reportado una diversidad de problemas que exponen la necesidad en su organización, ineficiencias en su sistema productivo, retraso en el avance tecnológico y desarrollo de capital humano [3], dando en consecuencia daños sociales, ambientales y económicos [4].

En el orden internacional como en México se reportan problemas durante la etapa de extracción y procesamiento relacionados con la baja productividad, bajo aprovechamiento del mineral, bajo nivel de seguridad, daños sociales, y además de impacto negativo en la flora y fauna debido al uso de tecnologías obsoletas, así como la aplicación de métodos convencionales no sustentables [5]. Así también, en la etapa de procesamiento, muchas fábricas observan un retraso tecnológico en los procesos de corte, pulido y acabado, generando grandes cantidades de residuos [6], los cuales son depositados en vertederos a cielo abierto ocasionando cambios del paisaje natural y la generación de daños ambientales. Sin embargo, encontramos en estos estudios una ausencia de medidas que cuantifiquen la situación particular de cada industria.

Este artículo aporta tres dimensiones de evaluación universales con el objetivo de posicionar competitivamente a la industria del mármol como empresa sostenible en el ámbito del desempeño laboral, desempeño productivo; y su dinámica medioambiental. Para relacionar el ámbito internacional con estas dimensiones, se realiza un estudio de campo en dos regiones marmoleras estratégica de México, en donde, para ubicar los procesos actuales en la extracción y procesamiento del mármol, se utiliza el método cualitativo y de observación directa para relacionar las prácticas de gestión y organización, especialmente en Puebla-México. Para evaluar el desempeño del personal, así como el nivel de desempeño logístico y ambiental, se aplicó en esta región de Puebla-México, un cuestionario colaborativo cara a cara que a diferencia de los reportes encontrados hoy en día en la literatura científica nacional e internacional, este artículo reporta hallazgos que justifican las propuestas dimensionales de medición del desempeño laboral, desempeño productivo; y la dinámica medioambiental de la industria del mármol.

Con este propósito, las secciones restantes de este artículo se han organizado de la siguiente forma:

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Esta investigación es exploratoria y descriptiva, soportada en una revisión de literatura nacional e internacional para caracterizar el contexto de la industria del mármol en sus problemas y soluciones. Especialmente se revisa la dinámica productiva y medioambiental reportado entre los años 2014 e inicios del año 2021. La metodología descrita en la (Figura 1) utiliza fuentes de información secundarias y primarias. Las fuentes secundarias se soportan mediante una revisión sistemática de la literatura [7] relacionada con la información del contexto actual de la industria del mármol en el orden nacional e internacional, así como reportes de organismos afines a dicho sector como la SE (Secretaría de Economía de México), la DGM (Dirección General de Minería), y la SEGOB (Secretaría de Gobierno de los estados de Durango, Coahuila y Puebla). Mientras que, la información primaria se recogió en trabajo de campo *in situ* en tres empresas marmoleras de Tepexi de Rodríguez-Puebla que accedieron a participar en esta investigación. Para recoger la información en estas empresas, se utilizó la investigación cualitativa mediante la técnica de muestreo no probabilístico apoyado de una serie de encuestas dirigidas al personal que labora en las empresas – objeto de estudio – y a los dueños de las mismas.

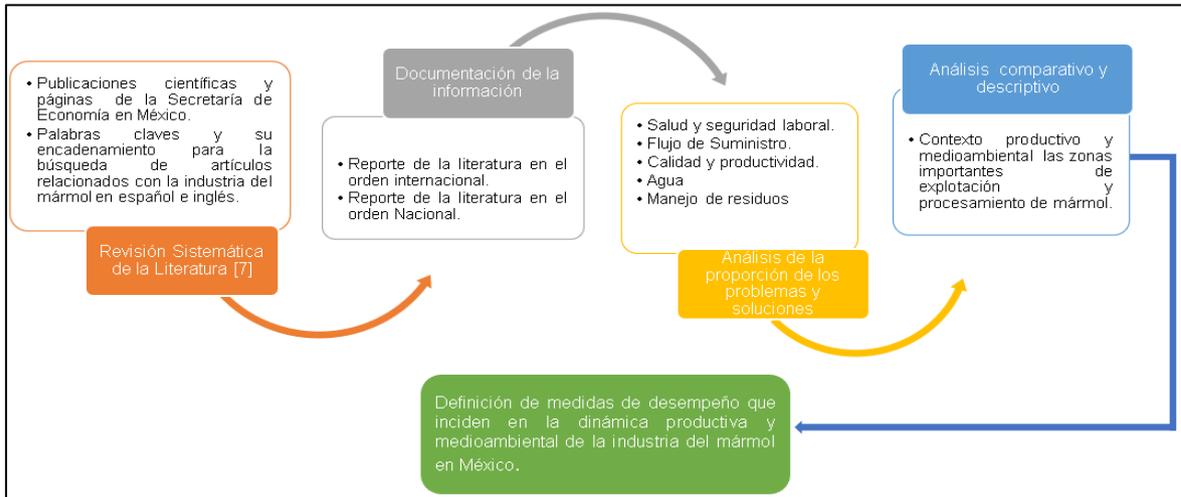


Figura 1. Descripción gráfica de la metodología para conocer la dinámica productiva y medioambiental de la industria del mármol de las zonas estratégicas marmoleras de México. Elaboración Propia.

Esencialmente, para conocer las prácticas de gestión y organización se diseñó y aplicó una encuesta con preguntas cerradas dicotómicas [8] divididas en dos secciones. Mientras que, para evaluar el nivel de desempeño del personal se diseñó y aplicó una encuesta tipo matriz [9] en la que se establecieron indicadores de desempeño hechos a la medida de las funciones que realiza diariamente el personal operativo y administrativo. Por último; para evaluar el nivel de desempeño logístico y ambiental actual se diseñó y aplicó a los dueños de las tres empresas, una encuesta hedónica tipo Likert de 5 niveles dividido en dos secciones [8]. Los reactivos en este instrumento, fueron contestados por cada persona encuestada de acuerdo a su percepción de la fortaleza y debilidad de los procesos de extracción y procesamiento del mármol en los que se encuentra inmerso. El lector, puede encontrar en los Anexos del 1 al 3, los instrumentos de medición aquí descritos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La industria marmolera internacional: Problemas y soluciones.

La revisión de literatura reporta problemas y estrategias de solución similares entre diversos países como Palestina, Turquía, Etiopía, China, Egipto, España, Perú entre otros (Figura 2); los cuales dan referencia de la realidad que afronta su sector minero del mármol en el flujo de información para el control de los procesos de extracción y procesamiento: uso de agua, condiciones de seguridad y salud, manejo sostenible de los residuos desde la extracción, procesamiento, transporte y distribución del mármol, así como los acabados y baja productividad relacionada con el bajo aprovechamiento del mineral en un contexto industrial de tecnología antigua y en algunas industrias, con tecnología adaptada por el propio empresario.

La (Tabla 1) describe las coincidencias de problemas y soluciones reportadas para la industria del mármol del año 2014 al 2021 en el orden internacional. En esta tabla 1 puede observarse que, entre los problemas de la industria del mármol en el orden internacional el manejo de residuos tiene la mayor preocupación, seguido por la baja calidad en el acabado y productividad relacionado con el aprovechamiento eficiente de la materia prima y material en proceso. Sin ser un problema menor, como se muestra en la (Figura 3,) la seguridad laboral es hoy en día un tema poco tratado en esta industria; mientras que, la mayor cantidad de propuestas de mejora, con mayor frecuencia se conducen en reducir los desechos generados por esta industria. Así también, los asuntos menos gestionados son las orientadas a la “seguridad ambiental” y “el tratamiento del agua”.

Las propuestas de solución en estos temas tienen su importancia para la salud ocupacional y la seguridad laboral, así como para los pobladores asentados en las inmediaciones a estas industrias, debido a las externalidades negativas originadas por los polvos y ruido ambiental [10]. Los desechos que genera la industria marmolera —esencialmente pedacería de mármol laminado y los lodos por el corte de mármol— han provocado daños ambientales evidentes que van desde el cambio del paisaje [11], impactando a la flora y fauna, sumando además la circulación del polvo de mármol en el aire que puede provocar enfermedades respiratorias [12]. Ante estos eventos, los autores [13] recomiendan realizar evaluaciones de desempeño ambiental, y buscar economías alternas que les sean útiles y comercializables [14].

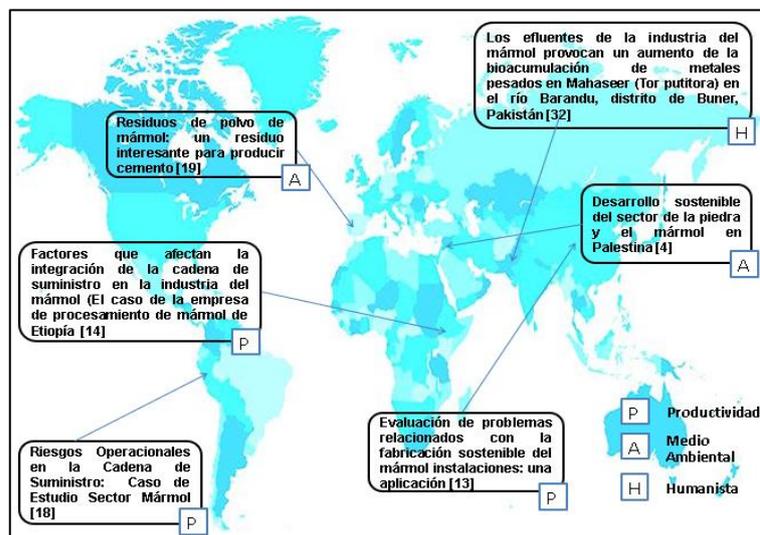


Figura 2. Referencia de los Países con reportes de estudio de la Industria del mármol. Elaboración Propia.

Tabla 1. Problemas y soluciones de la Industria del mármol en algunos Países. Elaboración Propia.

Autor	País	Problemas							Soluciones				
		Flujo de Suministro	Agua	Seguridad	Salud	Manejo de Residuos	Calidad y Productividad	Estrategias Logísticas y Productivas	Reciclaje y tratamiento de Agua	Programas de Seguridad e Higiene	Profesionalización de los colaboradores	Estrategias de economía circular de los residuos	Evaluación del desempeño ambiental
[4]	Palestina	X	x	x	x		x	x	x		x		x
[15]	Cuba	X				x		x			x		
[16]	Turquía		x		x				x				
[32]	Pakistan		x		x				x				x
[12]	Turquía	X				x	x			x	x	x	
[17]	España						x	x					
[18]	Perú					x						x	
[19]	Epaña					x						x	
[4]	Palestina	X					x	x		x			
[20]	España					x						x	x
[21]	Egipto					x							
[13]	China					x							x
[22]	Pakistan		x						x			x	
[23]	Guatemala						x	x					
[24]	España					x						x	
[25]	India					x						x	
[26]	Egipto					x						x	
[3]	Palestina			x	x	x	x			x	x	x	
[27]	Turquía						x	x					

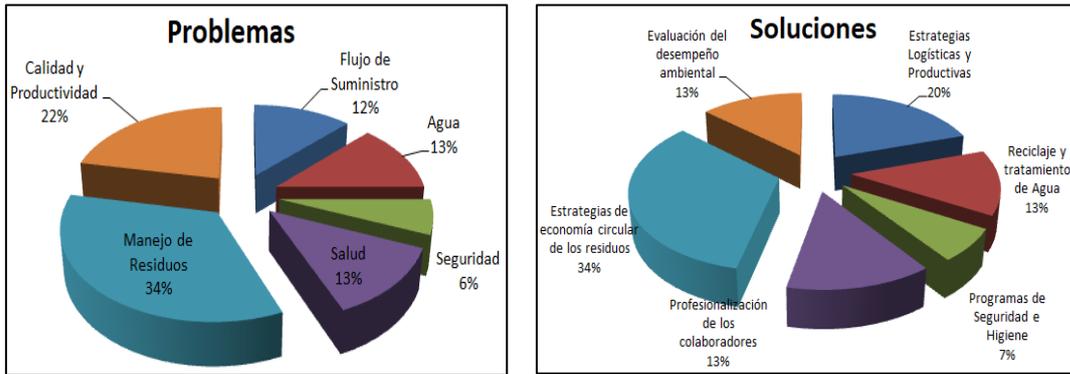


Figura 3. Proporción de los problemas y soluciones de la industria del mármol en el orden Internacional. Elaboración Propia.

Industria del mármol en México: problemas y soluciones.

El sector de la industria minera, y específicamente el de rocas dimensionales de mármol ónix y marmolina, en el año 2018 tuvo una utilidad superior a los \$2, 500,000.00 de pesos mexicanos [1]. Sin embargo, aunque esta cifra deja apreciar un beneficio económico importante, la literatura ha reportado una diversidad de problemas que han acentuado las deficiencias productivas relacionadas con el aprovechamiento de la materia prima, así como la atención a los daños ambientales que generan sus procesos de explotación y procesamiento [11]. En este sentido, [28] propusieron reutilizar los residuos del mármol en la industria de la construcción. Estos autores, reportaron aprovechar alrededor de 70% los residuos del corte del mármol para: a) sustituir la arena por el polvo de mármol para la fabricación de hormigón, y; b) utilizar los residuos del mármol para la fabricación de ladrillos. Por otro lado [29] replicaron esta experiencia en Tepexi de Rodríguez, Puebla-México, mediante la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de dos modelos de bloque utilizado para la construcción. El primer modelo con 55% de composición de mármol cumplió con todos los criterios de calidad definidos para estos productos, mientras que el segundo con 35% de composición de mármol, no cumplió dichos criterios.

En el año 2015 la Comarca Lagunera localizada en el centro-norte de México entre los Estados de Coahuila y Durango (Figura 4), fue un referente de estudio en razón a que algunas empresas dedicadas al mármol se enfrentaron con obstáculos para exportar sus productos. Con este propósito, [10] evaluaron las necesidades de tecnología, mercado, fuentes de financiamiento y capacitación en diversas empresas a través de un análisis exploratorio. Los resultados reportan que las empresas de esta región observaron rezago tecnológico en sus procesos, la necesidad de capacitación del personal, la falta de información para acceder a créditos, y falta de información sobre las necesidades del mercado. Los autores propusieron recomendaciones para que las empresas recibieran información de las fuentes de financiamiento y de capital tecnológico e incubadoras de empresas a través de las instituciones educativas de nivel superior. También propusieron mejorar la estructura organizacional; invertir en mayor capacitación para el personal, y la necesidad de realizar un estudio específico de la maquinaria instalada para maximizar su productividad. En este aspecto, [30] señalan que un bloque extraído con la forma mejor dimensionada incide directamente en el máximo aprovechamiento de la materia prima, lo cual resulta en una mejora de la productividad y se disminuye sustancialmente el desperdicio. Con este propósito de maximizar el aprovechamiento de la materia prima, [11] aportaron un modelo estadístico y experimental para estimar el desperdicio de mármol a causa del proceso de corte del bloque para laminado, dimensionado de la piedra y generación de pedacería derivado de su extracción amorfa.

Los resultados concluyen que existe una diferencia porcentual en la generación de desperdicios entre el análisis teórico-experimental y el pronosticado de manera empírica. Las empresas afirman aprovechar 32% del bloque que representa 68% de desperdicio, sin embargo, en contraste al modelo estadístico, se estima 16% de aprovechamiento del 84% de desperdicios. Por lo tanto, es concluyente que la forma del bloque extraído incide directamente en su aprovechamiento al momento de ser procesado.

En el año 2020 en Tepexi de Rodríguez en Puebla-México (Figura 4), [31] identificó que existe la necesidad de profesionalización, la necesidad de una madurez empresarial, así como la falta de interés para adoptar una estructura organizativa, y aplicar alternativas que den valor agregado a los residuos que generan. Con los resultados de este se propusieron estrategias orientadas en el siguiente orden de ideas: a) Generar inversiones alineadas a modernizar maquinarias y equipos para la extracción y procesamiento del mármol Travertino; b) Incremento de las competencias laborales y cualificación del personal operativo y administrativo; c) Realizar cálculos de velocidad y corte de la piedra para tener una mejor estimación de las piezas procesadas

y cuantificar los desperdicios, y; d) sistematizar los procesos de almacenaje, distribución y ventas para satisfacer las expectativas del mercado.



Figura 4. Ubicación geográfica de las zonas estratégicas marmóleras representativas de México. Adaptación propia, INEGI 2020.

Estos hallazgos, no están alejados de los problemas y soluciones propuesta a nivel internacional de esta industria, especialmente, los relacionados con el aprovechamiento deficiente de la materia prima, los aspectos tecnológicos, la profesionalización del personal y la adopción de una cultura empresarial para elevar la calidad y productividad. Estos problemas son tan comunes como lo reportan [14] con la necesidad de profesionalizar al personal de operación, así como medir dichos problemas relacionando factores como el ruido e iluminación, para que, en la medida que estos mejoren, se lograrán mejores resultados con la calidad de los acabados, el cual es el mismo argumento reportado por [4] y [32] quienes aportan estrategias de tratamiento y reciclaje de agua utilizados en los procesos de corte y pulido de mármol, con el mismo objetivo de incrementar los ingresos económicos para las empresas de esta industria. Los resultados reportados [28] y [31], relacionados con las externalidades negativas a la sociedad y al ambiente, son coincidentes con los hallazgos aquí reportados para la industria de Tepexi de Rodríguez en Puebla-México, relacionados con el desempeño laboral, desempeño productivo; y la dinámica medioambiental de esta industria del mármol mexicana.

La convergencia de estos hallazgos resalta la importancia de establecer medidas universales que ayuden a ubicar de manera cuantitativa el desempeño de la industria del mármol en las dimensiones de desempeño laboral, desempeño productivo; y su dinámica medioambiental. Estas medidas pueden ser:

- Definir indicadores que cuantifiquen los metros cúbicos que se generan de los lodos, para su contraste con la normativa aplicable de cada país.
- Determinar los cortes de los bloques que no son comercializados y aquellos bloques que no pueden ser laminados, para generar una alternativa de negocio circular. En tal sentido, definir métricas ambientales que evalúen la reducción de su impacto ambiental.
- Definir métricas de eficiencia operativa para el proceso de extracción, transformación y su impacto socio-ambiental en las comunidades en que se asienta esta industria.
- Definir métricas para la evaluación del desempeño del personal operativo basado en competencias.
- Definir métricas para la evaluación del desempeño ambiental-industrial relacionados con la medición de los factores que inciden en la contaminación por ruido, la iluminación, así como el de condiciones de seguridad e higiene.
- En relación al uso eficiente del recurso hídrico, las empresas marmóleras deberían cuantificar y optimizar el consumo de agua para los procesos de corte y abrillantado del mármol.

La contribución de estas propuestas establece un referente para que la industria del mármol transite hacia una industria sustentable en equilibrio con las dimensiones sociales, ambientales y económicas.

4. CONCLUSIONES.

En esta investigación se ha revisado la literatura nacional e internacional a partir del mes de septiembre del año 2020 a fecha de corte en mayo año 2021, para dejar en contexto los problemas y las soluciones reportadas en la industria del mármol. Los hallazgos identificados en la literatura

científica, nacional e internacional, se han contrastado con el resultado de tres encuestas de la industria del mármol de Tepexi de Rodríguez en Puebla-México, relacionadas con el desempeño laboral, desempeño productivo, así como la dinámica medioambiental. En este sentido, resulta evidente que los problemas de este sector industrial son comunes en cualquier parte del mundo.

Si bien en este sector de la industria del mármol, se han reportado diversos problemas y soluciones similares; sin embargo, la revisión de literatura e investigación de campo en la comunidad de Tepexi de Rodríguez, en Puebla-México, demuestra que se mantienen los mismos problemas en diferentes periodos de estudio, tanto en la industria nacional e internacional.

El resultado de los cuestionarios aplicados a tres empresas representativas de la industria del mármol de Tepexi de Rodríguez en Puebla-México, resalta una deficiencia en las prácticas de gestión y organización del proceso productivo y ambiental; la ausencia de prácticas de gestión y organización en la explotación; la baja calidad del producto, y la generación de desperdicios en el proceso de extracción de la piedra y el proceso de formación dimensional y pulido de las rocas.

A pesar de la bondad lucrativa de esta industria del mármol, encontramos que las propuestas de solución se presentan sólo entre el grupo investigador y la empresa. Este marco de colaboración, deja frágil la implementación y seguimiento de las propuestas de mejora en el corto plazo. En tal sentido, se plantea como trabajo futuro un modelo con enfoque multidimensional, de cuando menos tres hélices — Institución Educativa-Empresa-Gobierno —. La inserción a este modelo de más partes interesadas, como pueden ser organismos de financiamiento y gobiernos de segundo nivel, podría mejorar la sinergia de colaboración con mayor acercamiento a los problemas de esta industria. Aunado a este trabajo futuro, y como investigación preliminar, es importante identificar las causas de la falta de éxito de los programas y estrategias implementadas en este sector.

5. REFERENCIAS.

- [1] taydelopez, "Servicio geológico mexicano anuario estadístico de la minería mexicana, 2018," 2019. [Online]. Available: www.gob.mx/sgm.
- [2] "El mercado mundial del mármol crecerá un 3% anual hasta el 2023." <https://www.focuspiedra.com/el-mercado-mundial-del-marmol-crecera-un-3-anual-hasta-el-2023/> (accessed Jan. 13, 2021).
- [3] H. S. Salem, "Evaluation of the Stone and Marble Industry in Palestine: environmental, geological, health, socioeconomic, cultural, and legal perspectives, in view of sustainable development," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, Feb. 2021, doi: 10.1007/s11356-021-12526-4.
- [4] A. Abu Hanieh, S. AbdElall, and A. Hasan, "Sustainable development of stone and marble sector in Palestine," *J. Clean. Prod.*, vol. 84, pp. 581–588, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.10.045.
- [5] M. Secretaria de economía, "Estudio de la Cadena Productiva del Mármol, Documento de Análisis," México, 2018. [Online]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/426218/Cadena_Productiva_Marmol_2018.pdf.
- [6] P. Valdez, B. Barragán, I. Girbes, N. Shuttleworth, and A. Cockburn, "Uso de residuos de la industria del mármol como filler para la producción de hormigones autocompactantes," *Mater. Construcción*, vol. 61, no. 301, pp. 61–76, Mar. 2011, doi: 10.3989/mc.2010.55109.
- [7] Snyder, "La revisión de la literatura como metodología de investigación: descripción general y directrices," *Rev. Investig. Empres.*, p. 7, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.
- [8] R. Hernández Sampieri, *Metodología de la Investigación*. 2017.
- [9] N. Reyes, "Proceso de Integración del personal en la empresa Mármoles Rojas S.A de C.V," Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, 2009.
- [10] Sandoval et.al, "Diagnóstico de la industria del mármol en la Comarca Lagunera," *RICEA Rev. Iberoam. Contaduría, Econ. y Adm.*, vol. 5, no. 9, p. 56, 2017.
- [11] J. A. Garcia-Galicia, G. Morales-Olán, M. H. Cadena-Tecayehuatl, and P. Moreno-Zarate, "Experimental and Theoretical Modelling of Waste Produced By the Marble Industry of Tepexi De Rodríguez," *Eur. J. Sustain. Dev.*, vol. 6, no. 3, pp. 405–412, 2017, doi: 10.14207/ejsd.2017.v6n3p405.
- [12] F. Hita López, "El polvo y la sílice cristalina en la industria extractiva de la piedra natural.," pp. 1–149, 2013, [Online]. Available: https://www.ugt-fica.org/images/proyectos/sl/indirectas/2013/piedra_natural/El_control_del_polvo_y_la_silice_cristalina_en_la_industria_extractiva_de_la_piedra_natural_manual.pdf.
- [13] S. Bai, Q. Hua, L. J. Cheng, Q. Y. Wang, and T. Elwert, "Improve sustainability of stone mining region in developing countries based on cleaner production evaluation: Methodology and a case study in Laizhou region of China," *J. Clean. Prod.*, vol. 207, pp. 929–950, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.026.
- [14] S. Ayber and B. H. Ulutas, "Assessing Sustainable Manufacturing Related Problems for Marble Facilities: An Application," *Procedia Manuf.*, vol. 8, pp. 129–135, 2017, doi:

- 10.1016/j.promfg.2017.02.015.
- [15] C. A. García, “Aplicación de un procedimiento para el diseño de la cadena de suministros de los residuos en la empresa ‘ Mármol Centro ‘ del municipio de Fomento, provincia Sancti Spiritus.,” Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas, 2015.
- [16] M. Ozcelik, “Environmental pollution and its effect on water sources from marble quarries in western Turkey,” *Environ. Earth Sci.*, vol. 75, no. 9, p. 796, May 2016, doi: 10.1007/s12665-016-5627-0.
- [17] Carretero et. al., “Recursos endógenos mineros y desarrollo territorial. El caso de la comarca del Mármol (Almería, España),” *Universidad de Andalucía*, España, p. 25, Jul. 2017.
- [18] O. A. H. Cruz, “Comparacion de la resistencia mecanica a la compresion del concreto elaborado con residuos de marmol”, Universidad de Huánuco, 2017.
- [19] R. Zornoza *et al.*, “Rehabilitación de una presa de residuos mineros mediante la aplicación de lodo de mármol y purín de cerdo para el desarrollo de una fitoestabilización asistida,” *Boletín geológico y Min.*, vol. 128, no. 2, pp. 421–435, Jun. 2017, doi: 10.21701/bolgeomin.128.2.010.
- [20] C. R. Abad, “El sector del mármol en el medio vinalopó: análisis de las últimas décadas y sus impactos económicos, sociales, territoriales y paisajísticos”, Universidad de Alicante, 2018.
- [21] H. A. El-Sayed, A. B. Farag, A. M. Kandeel, A. A. Younes, and M. M. Yousef, “Characteristics of the marble processing powder waste at Shaq El-Thoaban industrial area, Egypt, and its suitability for cement manufacture,” *HBRC J.*, vol. 14, no. 2, pp. 171–179, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.hbrj.2016.06.002.
- [22] U. Noreen *et al.*, “Water pollution and occupational health hazards caused by the marble industries in district Mardan, Pakistan,” *Environ. Technol. Innov.*, vol. 16, p. 100470, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.eti.2019.100470.
- [23] R. F. A. Figueroa, “Desarrollo de un plan de mejoramiento para la reducción de fallas en el proceso de fabricación de materia derivada del mármol y granito en la industria ornamental”, Universidad de San Carlo Guatemala, 2019.
- [24] C. J. Cobo-Ceacero, M. T. Cotes-Palomino, C. Martínez-García, J. M. Moreno-Maroto, and M. Uceda-Rodríguez, “Use of marble sludge waste in the manufacture of eco-friendly materials: applying the principles of the Circular Economy,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 26, no. 35, pp. 35399–35410, Dec. 2019, doi: 10.1007/s11356-019-05098-x.
- [25] A. Pappu, R. Chaturvedi, and P. Tyagi, “Sustainable approach towards utilizing Makrana marble waste for making water resistant green composite materials,” *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 3, p. 347, Mar. 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2133-5.
- [26] A. H. Awad, A. W. Abdel-Ghany, A. A. Abd El-Wahab, R. El-Gamasy, and M. H. Abdellatif, “The influence of adding marble and granite dust on the mechanical and physical properties of PP composites,” *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 140, no. 6, pp. 2615–2623, Jun. 2020, doi: 10.1007/s10973-019-09030-w.
- [27] A. Baykasoğlu and B. K. Özbel, “Modeling and solving a real-world cutting stock problem in the marble industry via mathematical programming and stochastic diffusion search approaches,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 128, p. 105173, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.cor.2020.105173.
- [28] [P Santos, A. C. -Villegas, and N.-R. Betancourt, “Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción.,” México, p. 12, Aug. 14, 2012.
- [29] G. Morales Olán, P. Moreno Zarate, C. de R. Rodríguez Bautista, M. de L. Limón Galindo, and A. Pachón Marín, “Proyectos sustentables desarrollados para la región Mixteca Baja del estado de Puebla, México,” *Ing. Solidar.*, vol. 13, no. 22, pp. 9–26, 2017, doi: 10.16925/in.v13i22.1749.
- [30] C. Ponce Palafox, J. Carrillo, and A. López-Montelongo, “Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México,” *Rev. Arqut.*, Apr. 2020, doi: 10.14718/RevArq.2020.2554.
- [31] C. Aguilar, “Caracterización de la cadena productiva del mármol-travertino en el Estado de Puebla, México.,” *Internacional, Red Congreso, Competitividad X I I*, México, p. 23, 2020.
- [32] S. Mulk, A. L. Korai, A. Azizullah, L. Shahi, and M. N. K. Khattak, “Marble industry effluents cause an increased bioaccumulation of heavy metals in Mahaseer (Tor putitora) in Barandu River, district Buner, Pakistan,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 24, no. 29, pp. 23039–23056, Oct. 2017, doi: 10.1007/s11356-017-9921-5.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a las empresas: Intemármol S.A de C.V, Rocadura S.A de C.V y Mármol 3 Hermanos S.A de C.V. ubicadas en Tepexi de Rodríguez Puebla, México por las facilidades en el acceso a sus instalaciones y contestar los instrumentos de medición a fines.

6. ANEXOS.

Instrumento de medición para conocer los puestos de trabajo.



Reconocimiento de Puestos de Trabajo en las Actividades de Extracción y procesamiento de Mármol en Tepexi de Rodríguez Puebla.

1.- Nombre del Puesto de Trabajo: _____

2.- Actividades a Realizar: _____

3.- Imagen del puesto de trabajo observado:



4.- Habilidades Necesarias para el desarrollo del trabajo:

- Uso de Maquinaria o equipo
- Trabajo Manual
- Oficina o administrativo
- Destreza para el logro de resultados
- Liderazgo (manejo de personal)

5.- Dependencia de una actividad de trabajo anterior: Si No cual: _____

6.- Impacto en la calidad/productividad de la Actividad. Alto Bajo

7.- A quien reporta: _____

8.- Que supervisión tiene: _____

9.- Número de personas para el desarrollo de esta actividad: 1-2 3-4 5 o más.

10.- Requiere Conocimientos técnicos/tecnológicos previos en el ejercicio del trabajo:
 Si No.

Observaciones: _____

Instrumento de medición para evaluar las prácticas de gestión y organización.



Encuesta para el reconocimiento de las prácticas de gestión de organización actual en el área de Extracción del mármol

Nombre del Evaluador: _____ fecha: _____

Señalar con una "X" la respuesta referente al cuestionamiento de las prácticas de gestión de organización actual que observa la cadena productiva del mármol en su etapa de extracción.

PRÁCTICAS DE GESTIÓN

1.- ¿Cuenta con un plan estratégico de explotación donde observe los métodos y las actividades para el cumplimiento de estándares de calidad y dimensión deseadas por el cliente?

Si No

Observaciones: _____

2.- ¿Cuenta con manual de procedimiento para la extracción del bloque a partir de la morfología que observa?

Si No

Observaciones: _____

3.- ¿Utiliza algún software especializado para la administración y control de las operaciones en la cantera?

Si No

Observaciones: _____

4.- ¿Cuenta con un programa de mantenimiento preventivo/predictivo para la maquinaria y equipo instalado?

Si No

Observaciones: _____

5.- ¿Llevan a cabo un programa para mantener informado a los colaboradores de la cantera sobre su desempeño, actitud, etc?

Si No

Observaciones: _____

6.- ¿Cuentan con un programa de capacitación para fortalecer las competencias laborales y profesionales en los puestos de trabajo en la cantera?

Si No

Forma de Registro: _____

7.- ¿Cuenta con un programa de seguridad e higiene, así como la supervisión de la misma?

Si No

Observaciones: _____

8.- ¿Cuenta con un patrón de comparación que permita calificar la calidad del bloque obtenido considerando dimensiones, defectos morfológicos y dictamen de uso (Laminado o Paquetado)?

Si No

Observaciones: _____

PRÁCTICAS DE ORGANIZACIÓN

1.- ¿Cuenta con un organigrama general del área?

Si No

Observaciones: _____

2.- ¿Realiza registros de los bloques obtenidos?

Si No

Forma de Registro: _____

3.- ¿Cuenta con un registro de cartera de clientes?

Si No

Forma de Registro: _____

4.- ¿Cuenta con registro de los gastos que se generan para refacciones, mantenimiento u otros con referente a la maquinaria y equipo instalados en la cantera?

Si No

Forma de Registro: _____

Instrumento de medición para evaluar las prácticas de gestión y organización (continuación).



5.- ¿Cuenta con registros de control que describen los cumplimientos de las funciones laborales de los colaboradores en la cantera?

Si No

Forma de Registro _____

6.- ¿Cuenta con registros de asistencia y pago, así como el seguimiento a situaciones de ausentismo, levantamiento de actas administrativas o problemas de otra índole?

Si No

Forma de Registro _____

7.- ¿Lleva acabo un registro y control de archivos y/o documentos importantes de los colaboradores de la cantera?

Si No

Forma de Registro _____



Formato de Encuesta para el reconocimiento de las prácticas de gestión de organización actual en el área de procesamiento del mármol

Nombre del Evaluador: _____ fecha: _____

Señalar con una "X" la respuesta referente al cuestionamiento de las prácticas de gestión de organización actual que observa la cadena productiva del mármol en su etapa de extracción.

PRÁCTICAS DE GESTIÓN

1.- ¿Realizan un Plan Operativo Anual para establecer una estructura sobre la ejecución y costos económicos de las estrategias operativas y de gestión de la empresa?

Si No

Observaciones: _____

2.- ¿Cuenta con un plan estratégico de mercadotecnia?

Si No

Observaciones: _____

3.- ¿Realiza investigaciones de mercado para el producto actual y para la proyección de nuevos productos?

Si No

Observaciones: _____

4.- ¿Utiliza algún software especializado para la administración y control de las operaciones en la cantera?

Si No

Observaciones: _____

5.- ¿Cuenta con un programa de incentivo de ventas?

Si No

Observaciones: _____

6.- ¿Cuenta con un plan de metas financieras de la empresa?

Si No

Observaciones: _____

Instrumento de medición para evaluar las prácticas de gestión y organización (continuación).



7.- ¿Realiza las transacciones financieras a través de un software especializado?

Si No

Forma de Registro: _____

8.- ¿Cuentan con registros de órdenes de compra que permita mantener un stock de los materiales necesarios para la producción?

Si No

Forma de Registro: _____

9.- ¿Cuentan con un programa de seguridad e higiene, así como la supervisión de la misma?

Si No

Forma de Registro: _____

10.- ¿Cuenta con un programa de mantenimiento preventivo/predictivo para la maquinaria y equipo instalado en la empresa?

Si No

Observaciones: _____

11.- ¿Realiza estrategias de evaluación y control de proveedores?

Si No

Observaciones: _____

12.- ¿Cuenta con registros exactos y actualizados, así como la ubicación, de la materia prima, producto en tránsito en el proceso y producto terminado?

Si No

Forma de Registro: _____

13.- ¿Utiliza algún software especializado para la administración y control de las operaciones de la empresa?

Si No

Observaciones: _____

14.- ¿Cuenta con un programa para mantener informados a los colaboradores sobre su desempeño, actitud, et?

Si No

Observaciones: _____

15.- ¿Cuentan con un programa de capacitación para fortalecer las competencias laborales, liderazgo, trabajo en equipo y profesionales?

Si No

Observaciones: _____

16.- ¿Cuenta con un manual de procedimientos de las actividades observables en los puestos de trabajo de la empresa?

Si No

Observaciones: _____

17.- ¿Cuenta con manuales de procedimiento que observa las etapas de producción a realizar con base al tipo de mármol a procesar?

Si No

Observaciones: _____

18.- ¿Cuenta con algún tipo de certificación o acreditación bajo una norma ISO, ANSI, NOM, entre otras?

Si No

Forma de Registro: _____

PRÁCTICAS DE ORGANIZACIÓN

1.- ¿Cuenta con un consejo administrativo?

Si No

Observaciones: _____

Instrumento de medición para evaluar las prácticas de gestión y organización (continuación).



2.- ¿Cuenta con misión, visión, valores, política de calidad, política ambiental y política de equidad de género y no discriminación para el trabajo?

Si No

Observaciones: _____

3.- ¿Cuenta con un organigrama empresarial?

Si No

Observaciones: _____

4.- ¿Realiza registros exactos de ventas actualizados y presenta informes?

Si No

Forma de Registro: _____

5.- ¿Realiza registros exactos de producción diaria o por turno de trabajo y los controla con respecto a la disponibilidad de la materia prima?

Si No

Forma de Registro: _____

6.- ¿Cuenta con un plan que le permita analizar los nuevos gastos para que no afecten las finanzas de la empresa?

Si No

Observaciones: _____

7.- ¿Cuenta con una agenda de producción y establecen objetivos de producción?

Si No

Observaciones: _____

8.- ¿Realizan una estimación de costos de producción?

Si No

Observaciones: _____



9.- ¿Cuenta con un sistema de control de calidad para los procesos observables en la empresa?

Si No

Observaciones: _____

10.- ¿Realizan estudios para analizar los métodos de producción que permitan establecer nuevos métodos para hacerlos más eficaz?

Si No

Observaciones: _____

11.- ¿Cuenta con registros de control que observe el cumplimiento de las funciones laborales de los colaboradores de la empresa?

Si No

Forma de Registro: _____

12.- ¿Cuenta con registros de asistencia y pago, así como el seguimiento a situaciones de ausentismo, levantamiento de actas administrativas o problemas de otra índole?

Si No

Forma de Registro: _____

13.- ¿Llevan a cabo un registro y control de archivos y/o documentos importantes para la empresa y sus colaboradores?

Si No

Forma de Registro: _____

14.- ¿Cuentan con registros de quejas y sugerencias por parte del cliente final y los colaboradores?

Si No

Forma de Registro: _____

Instrumento de medición para evaluar el desempeño logístico y ambiental.



Encuesta para evaluar el desempeño logístico actual que tiene la industria del mármol en Tepexi de Rodríguez Puebla.

Nombre de la Empresa:		Fecha:			
Nombre de la Persona Encuestada:		Puesto:			
Instrucciones: Con base al indicador y los atributos que lo representa, elija el más adecuado a su percepción.					
Percepción de grado de Fortaleza	Nada Fortalecido 1	En proceso de fortalecimiento 2	Lo desconozco 3	Fortalecido 4	May Fortalecido 5

Indicador 1: Procesos						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Control del flujo de sus procesos y medición de capacidades operativas.					
2	Planes Estratégicos para eliminar actividades que comprometen los costos operativos y logísticos.					
3	Planes Estratégicos cuando existen cambios en los procesos de la empresa según la necesidad del mercado.					
4	Estrategias Computacionales que proporcionen información sobre el seguimiento de los procesos.					
5	Control de documentos a través de manuales de operación para su consulta en los diferentes procesos que se requiera.					

Indicador 2: Tecnologías						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Integrar la información que contenga datos de los diferentes procesos que se llevan a cabo en la empresa.					
2	El pronóstico de demanda.					
3	Simular y optimizar corridas de producción.					
4	La administración de almacén e inventarios.					
5	La planeación de los procesos logísticos mediante un sistema de Planeación de Recursos Empresariales.					
6	El control de ruteo y optimizar los costos y tiempos de transporte.					
7	Establecer una comunicación entre clientes y proveedores.					

Indicador 3: Colaboración en la Cadena						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se realiza intercambio de información de las prácticas productivas y logísticas con otras empresas y proveedores del ramo de la industria del mármol en Tepexi de Rodríguez Puebla					
2	Existe una comunicación efectiva entre todos los que integran la cadena de negocio en la extracción, procesamiento y venta del mármol					
3	Se genera planes de colaboración e integración claves con los proveedores de la empresa.					
4	Se cuenta con personal y recursos exclusivos para la gestión de la colaboración de la cadena de negocio del mármol					
5	Se cuenta con un plan de evaluación de desempeño de la cadena de suministro de la empresa través de tableros de control					

Indicador 4: Clientes y Proveedores						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Hay participación en una red de vinculación de empresarios marmoleros en Tepexi de Rodríguez para dar y recibir información de clientes y proveedores					
2	Se tiene un seguimiento con clientes y proveedores para recibir comentarios en el último año					
3	Se realiza un plan de selección de proveedores y se actualiza mínimo cada año.					
4	Se cuenta con más de 1 canal de comunicación para la venta del mármol					

Indicador 5: Organización /Recurso Humano						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se realiza actividades que fomenta la eficiencia productiva del mármol y minimiza la burocracia.					
2	Se considera las opiniones de sus empleados y son participes en la toma de decisiones.					
3	Se cuentan con planes de capacitación para el personal que colabora en la empresa.					
4	Se aplica procedimientos para la contratación de personal calificado al puesto de trabajo					

Indicador 6: Logística Sostenible.						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se utiliza embalajes o empaques reciclables en los paquetes de loseta de mármol					
2	El transporte que se utiliza cumple con las normas ambientales: el relación a la emisión gases contaminantes a la atmósfera					
3	Incluye el tema del medioambiente en su marketing					
4	Realiza trabajo en conjunto con los clientes y los proveedores en la formulación de objetivos ambientales					
5	Se aplican acciones en reciclaje, reuso, reparación entre otras más en sus residuos generados.					

Instrumento de medición para evaluar el desempeño logístico y ambiental (continuación).



Formato de Encuesta para para evaluar el *desempeño logístico* actual que tiene la industria del mármol en Tepexi de Rodríguez Puebla.

Nombre de la Empresa:		Fecha:			
Nombre de la Persona Encuestada:		Puesto:			
<i>Instrucciones: Con base al indicador y los atributos que lo representa, elija el más adecuado a su percepción.</i>					
Percepción de grado de Debilidad	No se ha hecho nada	Está planeado	Está pendiente	Está en Desarrollo	Se está aplicando
	1	2	3	4	5

Indicador 1: Procesos						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se cuenta con un control del flujo de sus procesos y medición de capacidades operativas.					
2	Se tiene planeado planes Estratégicos para eliminar actividades que comprometen los costos operativos y logísticos.					
3	Contar con un plan para responder de manera eficiente cuando existen cambios en los procesos de la empresa según la necesidad del mercado.					
4	Contar con un sistema computacional para el seguimiento de los procesos de extracción y procesamiento del mármol en la empresa.					
5	Contar con manuales de operación para su consulta en los diferentes procesos que se requiera.					

Indicador 2: Tecnologías						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Contar con un sistema de integración de información para los procesos de la empresa.					
2	Tener un control para estimar la demanda del mármol en la empresa.					
3	Contar con un sistema tecnológico que aporte ideas para la toma de decisiones en la extracción y procesamiento del mármol.					
4	Contar con un sistema tecnológico para administrar el control de los bloques de mármol, su ubicación en el procesamiento y de terminación en el almacén.					
5	Contar con un sistema de Planeación de Recursos Empresariales.					
6	Tener un control de ruteo y optimizar los costos y tiempos de transporte.					
7	Contar con un sistema tecnológico para mantener una comunicación entre clientes y proveedores.					

Indicador 3: Colaboración en la Cadena						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Contar con un sistema para mantener información de las prácticas productivas y logísticas.					
2	Se tiene una comunicación efectiva entre todos los que integran la cadena de negocio en la extracción, procesamiento y venta del mármol.					
3	Contar con planes de colaboración e integración claves con los proveedores de la empresa.					
4	Contar con personal y recursos exclusivos para la gestión de la colaboración de la cadena de negocio del mármol.					
5	Contar con un plan de evaluación de desempeño de la cadena de suministro de la empresa través de tableros de control.					

Indicador 4: Clientes y Proveedores						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Contar con una red de vinculación de empresarios marmoleros en Tepexi de Rodríguez para dar y recibir información de clientes y proveedores.					
2	Seguimiento con clientes y proveedores para recibir comentarios en el último año.					
3	Se realiza un plan de selección de proveedores y se actualiza mínimo cada año.					
4	Se cuenta con más de 1 canal de comunicación para la venta del mármol.					

Indicador 5: Organización /Recurso Humano						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Contar con un plan de actividades para la eficiencia productiva del mármol con menos procesos administrativos.					
2	Contar con una estrategia para canalizar las opiniones de los empleados en la mejora de los procesos que implican la extracción y procesamiento del mármol.					
3	Contar con planes de capacitación para el personal que colabora en la empresa.					
4	Contar con procedimientos para la contratación de personal calificado al puesto de trabajo.					

Indicador 6: Logística Sostenible.						
No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Acciones sobre uso de embalajes o empaques reciclables en los paquetes de loseta de mármol.					
2	Contar con transportes para el bloque de mármol y mármol para su distribución y venta que no emiten gases contaminantes al medio ambiente.					
3	Acciones de incluir el tema del medioambiente en el marketing.					
4	Contar con un plan de trabajo en conjunto con los clientes y los proveedores en la formulación de objetivos ambientales.					
5	En relación a las acciones de reciclaje, reuso, reparación y entre otras más en la disposición final de los residuos generados.					

Instrumento de medición para evaluar el desempeño logístico y ambiental (continuación).



Formato de Encuesta para para evaluar el *desempeño ambiental* actual que tiene la industria del mármol en Tepexi de Rodríguez Puebla.

Nombre de la Empresa:	Fecha:
Nombre de la Persona Encuestada:	Puesto:

Instrucciones: Con base al indicador y los atributos que lo representa, elija el más adecuado a su percepción.

Percepción de grado de Fortaleza	Nada Fortalecido	En proceso de fortalecimiento	Lo desconozco	Fortalecido	Muy Fortalecido
	1	2	3	4	5

Indicador 1: Gestión Sostenible del Agua en el corte y pulido del mármol

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Existe una cuantificación del consumo de agua que utiliza para los procesos de corte y pulido del mármol.					
2	El agua que utiliza la empresa marmolera en Tepexi de Rodríguez no afecta el abasto de la red de servicio de agua potable para consumo equitativo del municipio de Tepexi de Rodríguez.					
3	El agua se reutiliza para los procesos de corte y pulido del mármol.					
4	Se cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales.					
5	Se utiliza agua pluvial para alimentar los procesos de corte, pulido del mármol y en los sanitarios de la empresa.					

Indicador 2: Relaciones dentro y fuera de la empresa

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se contribuye con el municipio para su bienestar y desarrollo (salud, educación, programas sociales).					
2	Se realizan reuniones con la gente del municipio para discutir los impactos ambientales que genera la empresa y realizan acuerdos para su remediación.					
3	Se tienen convenios con Instituciones de Educación Superior para que estudiantes realicen prácticas profesionales y proyectos de investigación para la empresa.					
4	Se tienen convenios con centros de salud del municipio y participa en campañas de salud para los trabajadores de la empresa.					
5	Se tiene algún vínculo con una ONG o centros de investigación en temas ambientales.					

Indicador 3: Eco-Tecnologías

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Uso de paneles solares para reducir el consumo eléctrico en algunas áreas de la empresa.					
2	Uso de tecnología de bombeo solar para la circulación de agua en los procesos corte y pulido del mármol.					
3	Instalación y uso de sanitarios secos y/o ecológicos.					

Indicador 4: Seguridad laboral

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se cuenta con sistemas de ventilación adecuado que minimice la respiración de polvos de mármol en las áreas de trabajo.					

2	Las instalaciones eléctricas se encuentran en buenas condiciones y aisladas correctamente.					
3	Los mecanismos mecánicos y móviles de las máquinas y equipos cuentan con protecciones para evitar accidentes.					
4	Las áreas se encuentran correctamente señalizadas y anuncian mensajes de higiene, seguridad y valores humanos.					
5	Las instalaciones están en perfectas condiciones y promueve un confort y seguridad en el trabajo.					
6	Se cuenta con un lugar específico para el almacenamiento de sustancias peligrosas.					

Indicador 5: Residuos

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se clasifica en orden de disposición los residuos que se generan en los procesos de extracción y procesamiento del mármol.					
2	Se genera acciones de valor (venta) de los residuos que se generan en el cuadrado de la piedra.					
3	Se genera acciones de valor (venta) de los residuos que se generan en los cortes de las láminas para parquet.					
4	Se aplica acciones (Reciclar, reusar, reducir, re-manufacturar, recuperación de producto o material) en los procesos de extracción y procesamiento de mármol.					

Indicador 6: Personal

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Contrata personal del municipio.					
2	Proporciona a los trabajadores equipo de protección personal para el desarrollo de sus actividades.					
3	Programa e imparte cursos o talleres de capacitación a los trabajadores en temas ambientales.					
4	Ha dado a conocer a sus trabajadores los efectos ambientales negativos que provocan las actividades de la industria del mármol.					

Indicador 7: Políticas y Programas Ambientales

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se han realizado estudios de impacto ambiental en la exploración y apertura de la cantera de mármol.					
2	Se cuenta con algún tipo de autorización establecido por las autoridades ambientales para la extracción del mármol.					
3	Se cuenta con un plan de manejo de residuos que se generan en la explotación del mármol.					
4	Se cuenta con un plan de remediación ambiental cuando la cantera cierre y sea abandonada.					
5	Se cuenta con un reporte que observe un inventario de la flora y fauna que ha sido impactado por las actividades de extracción del mármol.					

Instrumento de medición para evaluar el desempeño logístico y ambiental (continuación).



Formato de Encuesta para evaluar el *desempeño Ambiental* actual que tiene la industria del mármol en Tepexi de Rodríguez Puebla.

Nombre de la Empresa:	Fecha:
Nombre de la Persona Encuestada:	Puesto:

Instrucciones: Con base al indicador y los atributos que lo representa, elija el más adecuado a su percepción.

Percepción de grado de Deficiencia	No se ha hecho nada	Está planeado	Está pendiente	Está en Desarrollo	Se está aplicando
	1	2	3	4	5

Indicador 1: Gestión Sostenible del Agua en el corte y pulido del mármol

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Contar con un control del consumo de agua que utiliza para los procesos de corte y pulido del mármol.					
2	Contar con una estrategia para no afectar el abasto de la red de servicio de agua potable para consumo equitativo del municipio de Tepexi de Rodríguez.					
3	Utilizar tecnología de punta la reutilización del agua utilizado en los procesos de corte y pulido del mármol.					
4	Poner en marcha una planta de tratamiento de aguas residuales.					
5	Poner en marcha un sistema de agua pluvial para alimentar los procesos de corte, pulido del mármol y en los sanitarios de la empresa.					

Indicador 2: Relaciones dentro y fuera de la empresa

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Se ha contribuido en el último año con el municipio para su bienestar y desarrollo (salud, educación, programas sociales).					
2	En los últimos 3 meses se han tenido reuniones con la gente del municipio para atender los impactos sociales y ambientales que se generan en la extracción y procesamiento del mármol.					
3	Se cuenta con un convenio de colaboración con el Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez u otra Institución de Educación Superior.					
4	En el último año se han realizado trabajos de colaboración con el IMSS de Tepexi de Rodríguez o con otra institución de salud en campañas de salud en los trabajadores de la cantera y empresa.					
5	Se tiene colaboración con una ONG o centro de investigación para asesoría y atención a los impactos ambiental que genera la extracción y procesamiento del mármol en la empresa.					

Indicador 3: Eco-Tecnologías

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Ha optado por el uso de paneles fotovoltaicos para suministrar la energía eléctrica de CFE por la solar en algunas áreas de la empresa.					
2	Ha implementado el uso de tecnología de bombeo solar para la circulación de agua en los procesos corte y pulido del mármol.					
3	Se tiene implementado la implementación de sanitarios secos y/o ecológicos en la empresa.					

Indicador 4: Seguridad laboral

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Tiene instalado en la empresa un sistema de ventilación que minimice la respiración de polvos de mármol en las áreas de trabajo.					
2	Tiene un plan de mantenimiento que asegure el buen estado de las instalaciones eléctricas.					
3	Cuenta con un plan de mantenimiento que asegure que los mecanismos mecánicos y móviles de las máquinas y equipos no generen un riesgo al operador.					
4	Ha implementado en las diferentes áreas de la empresa señalética y anuncios de higiene, seguridad y valores humanos.					
5	Procura que las instalaciones están en perfectas condiciones y promueve un confort y seguridad en el trabajo diario.					
6	Tiene instalado en la empresa un lugar específico para el almacenamiento de sustancias peligrosas.					

Indicador 5: Residuos

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Observa un plan de clasificación adecuadamente de los desperdicios que se generan desde el corte de la piedra (cortera) hasta el desperdicio por el laminado.					
2	Cuenta con cartera de clientes para la venta de residuos generados por el cuadrado de la piedra.					
3	Cuenta con cartera de clientes para la venta de residuos por los cortes de las láminas para parquet.					
4	Se Recicla, reusar, re-manufacturar, los cortes de mármol para su venta.					

Indicador 6: Personal

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Las personas que laboran en la empresa son en su mayoría habitantes de Tepexi de Rodríguez.					
2	La empresa asegura que los trabajadores cuenten con el equipo de protección personal para el desarrollo de sus actividades.					
3	Se cuenta con un programa de capacitación donde se imparten temas ambientales.					
4	Los trabajadores conocen los efectos ambientales negativos que provocan las actividades de la industria del mármol.					

Indicador 7: Políticas y Programas Ambientales

No.	Atributos	Opción de Respuesta (Realidad del contexto)				
		1	2	3	4	5
1	Existe un estudio de impacto ambiental en la exploración y apertura de la cantera de mármol.					
2	La empresa actualmente opera bajo lineamientos ambientales para la extracción del mármol.					
3	Se dispone responsablemente de los residuos que se generan en la extracción del mármol.					
4	Se ha realizado un estudio ambiental cuando la cantera cierre y sea abandonada.					
5	Se ha documentado un inventario de la flora y fauna y existe un plan estratégico para la remediación correspondiente.					

La Gestión de los Residuos durante la Campaña de Vacunación contra COVID-19

Migliavacca, Julieta; Chahla, Rossana Elena; Farías Guardia, Constanza María José; Saruf, Sergio Gustavo, Alves, Nancy

Departamento de Mecánica, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán (UNT).

*Dirección General de Salud Ambiental (DGSA), Sistema Provincial de Salud (SIPROSA)
jmigliavacca1981@gmail.com*

RESUMEN

El contexto de pandemia global por Covid 19 implica procedimientos especiales para que las vacunas, que deben cumplir un ciclo de cadena de frío riguroso, lleguen a sus destinatarios de la manera más efectiva y rápida posible.

La seguridad se transforma en el eje de toda la marcha, y la utilización de agujas y jeringas descartables, implica el manejo de descartadores exclusivos y medidas acordes para el descarte de los residuos generados.

Las importantes cantidades de desechos forjados: entre jeringas, cortopunzantes, envoltorios, papel y cartón, deben contar con una gestión adecuada y respetuosa de las normativas vigentes, a fin de preservar la Calidad prestacional, el Ambiente y la Higiene y Seguridad de los involucrados.

Del mismo modo, el presente trabajo, se realiza en el marco de una campaña de vacunación masiva y con el propósito de atender a dicha demanda, no incluyendo otros residuos biopatogénicos y/o químicos generados en establecimientos de Salud.

Es por ello, que desde la Dirección General de Salud Ambiental entidad dependiente del Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Tucumán, se trabaja arduamente en la adecuación de la Gestión de Residuos Hospitalarios, implementada hace ya un tiempo en los diferentes nosocomios de la provincia, para este evento puntual, generando resultados extraordinarios que a continuación describiremos.

Palabras Claves: Residuos. Nodos. Vacunación. Covid-19. Gestión.

ABSTRACT

The context of the global pandemic due to Covid 19 implies special procedures so that vaccines, which must comply with a rigorous cold chain cycle, reach their recipients as effectively and quickly as possible.

Safety becomes the axis of the entire march, and the use of disposable needles and syringes implies the management of exclusive discarders and appropriate measures for the disposal of the waste generated.

The significant amounts of forged waste: between syringes, sharps, wrappers, paper and cardboard, must have adequate and respectful management of current regulations, in order to preserve the performance quality, the environment and the hygiene and safety of those involved.

In the same way, this work is carried out within the framework of a massive vaccination campaign and with the purpose of meeting said demand, not including other biopathogenic and / or chemical residues generated in health establishments.

That is why, from the General Directorate of Environmental Health, an entity dependent on the Ministry of Public Health of the Province of Tucumán, they are working hard on the adaptation of Hospital Waste Management, implemented some time ago in the different hospitals of the province, for this specific event, generating extraordinary results that we will describe below.

Keywords: Waste. Nodos. Vaccination. Covid-19. Management.

1. INTRODUCCIÓN antecedentes y objetivos

En el análisis de los diferentes estudios preliminares que se han realizado en vacunaciones masivas y que son las Guías Argentinas para la Gestión Racional de Residuos en Campañas y Centros de Vacunación [1] [2], se referencia que las instructivas, giran en torno a los procedimientos de manejo que poseen los diferentes productos utilizados: vacunas de calidad, agujas, jeringas, frascos de vidrios y descartadores rígidos.

Además, se prevé una gran cantidad de residuos disímiles, diferentes puntos de generación, mucho personal y público en general involucrado y una serie de normas a cumplir.

La gestión de los residuos, las Responsabilidades de los participantes y el cumplimiento a las normativas vigentes mencionadas, se realizan en etapas que incluyen: a) Diagnóstico Inicial, b) Capacitación del Personal, c) Puesta a punto, d) Auditorías y e) Logística.

Todo ello, para transformar la presente en “la guía de manejo racional de Residuos generados en los diferentes Nodos de vacunación de la provincia de Tucumán”, dentro del Plan Provincial de Inmunizaciones.

1.1 Objetivos

Los objetivos trazados para dar respuesta al Plan Provincial de Inmunización en lo que respecta a la Gestión Integral de los Residuos generados en Nodos de Vacunación, se basa en:

- Protocolizar un procedimiento uniforme de gestión de residuos en los puntos de generación.
- Dar respuesta a las distintas instancias de concepción de residuos.
- Apegar la tarea a un adecuado manejo de residuos de vacunación según su origen y calidad.
- Impedir que los residuos peligrosos causen menoscabo en la salud de los trabajadores o de la población
- Reducir los impactos ambientales asociados a la actividad antrópica puntual: inmunización.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En diciembre de 2019 China notifica la aparición de una infección SARS-COV-2 que rápidamente se disemina en varios países de todos los continentes y en marzo de 2020 la OMS declara el estado de pandemia, casi al mismo tiempo que en Argentina se confirma el primer caso por COVID-19. A posterior, las 24 jurisdicciones se ven afectadas, lo que provoca el cierre de las actividades en todo el territorio, y causa costos humanos, sanitarios, sociales y económicos devastadores.

Como consecuencia de ello, a nivel global, la OMS recomienda la vacunación para limitar los efectos devenidos de la pandemia. En ese orden, el Ministerio de Salud de la Nación diseña un “Plan Estratégico para la vacunación contra COVID-19”, con información oportuna según las vacunas candidatas y con una pertinente actualización informativa periódica.

La vacunación se propone a efectivizarse de forma gradual, en base a una estrategia de prioridad según los factores de riesgos que cada franja etaria posea. Con un esquema de aplicación de dos dosis cada 28 días, aproximadamente.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Contexto

El Sistema de Vacunación Nacional, concebido como política de Estado que busca dar equidad y accesibilidad a toda la población en materia de inmunización, a partir del Decreto 260/2020, amplía la Emergencia Sanitaria (Ley 27541 de Diciembre de 2019) y dispone la adopción de una nueva medida para contener la propagación del virus coronavirus, con la facultad del Ministerio de Salud de la Nación como autoridad de aplicación, que incluye al calendario Nacional de Vacunación la inoculación de la vacuna contra Covid 19, promoviendo por Ley 27573, y declarando de interés público la investigación, desarrollo, fabricación y adquisición de las vacunas contra COVID-19.

A partir de la reglamentación de la mencionada ley, cada provincia planifica su aplicación de forma ordenada, habilitando sitios de vacunaciones o nodos vacunatorios, para realizar dichas prácticas.

En esta estrategia es clave protocolizar cada instancia a fin de poder repetir y mejorar las actividades sin prescindir de los operadores. En este punto, cada jurisdicción debe considerar: la cadena de frío de las vacunas y la gestión de los residuos.

2.2.2 Bases legales

El presente trabajo responde a la normativa de salud vigente en materia de centro de vacunación, y de ambiente en materia de residuos, a saber:

*Ley N° 25.675. Ley General del Ambiente. Bien jurídicamente protegido.

*Ley N° 24.051. Ley de Residuos Peligrosos.

*Decreto N° 831/93. Reglamentario de la Ley N° 24.051.

*Resolución MSN N° 2.077/15. Normas Mínimas de habilitación para el funcionamiento de centros de vacunación.

*Resolución MSN N° 134/2016. Directrices Nacionales para la Gestión de Residuos en Establecimientos de Atención de la Salud.

*Ley 27541/19 Ley de Solidaridad Social y Reactivación Productiva.

*Ley 27573 Ley de vacunas destinadas a generar inmunidad adquirida contra el covid-19.

2.2.3 Autores claves

Las líneas claves de referencia intelectual y las bases de la emergencia global, las interpreta el Ministerio de Salud de la Nación desde la Organización Mundial de Salud (OMS). La línea de información y las recomendaciones, como así mismo las vacunas presentadas, son aprobadas por el AMNAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica).

2.3 Conceptos claves

Inmunizaciones: es el proceso por el que una persona se hace inmune o resistente a una enfermedad infecciosa, por lo general mediante la administración de una vacuna. Las vacunas estimulan el propio sistema inmunitario del cuerpo para proteger a la persona contra infecciones o enfermedades posteriores.

Residuos Biopatogénicos: son los provenientes de establecimientos de atención a la salud humana y animal, es decir aquellas sustancias o materiales que contengan restos de sangre o sus compuestos, fluidos corporales, partes humanas o animales o compuestos con actividad biológica.

Nodos Vacunatorios: puntos estratégicos para realizar inmunizaciones.

3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LOS NODOS DE VACUNACIÓN

3.1 DIAGNÓSTICO INICIAL.

En esta etapa de diagnóstico previo, se multiplican los actores que asesoran la gestión global de la Campaña de Vacunación, siendo las áreas de inmunización, recursos humanos, seguridad e higiene y prevención de riesgos ambientales las que articulan estrategias conjuntas para lograr su efectiva actividad. Se utiliza la experiencia técnica y el conocimiento de otras áreas de similitud de prestaciones, para aplicarlas en esta Campaña.

El cometido es lograr que los Nodos de vacunación se encuentren disponibles en lugares que garanticen la circulación dinámica de los materiales utilizables, del personal y de las personas que se van a vacunar. Además, debe contener energía suficiente y constante para asegurar la cadena de frío requerida por las vacunas y espacios acordes para el almacenamiento de las mismas y de los diferentes insumos a ser utilizados.

En cuanto a la Gestión de los residuos sanitarios, se entiende es el proceso de recolección, clasificación, tratamiento y eliminación de los propios que resultan de la vacunación.

Se generan cantidades adicionales y considerables debido a la naturaleza infecciosa del virus que obliga a la utilización de EPP de un solo uso o descartables, con recambios por aplicación o más habituales de lo normal.

Debido a ello, lo central en esta etapa de diagnóstico, es generar procedimientos para que la generación, eliminación, recolección y eliminación [3] sean lo más seguros y efectivos posibles de manera tal que eviten riesgos en el personal sanitario y en los asistentes a los Nodos vacunatorios. Con el plus de proteger el medio ambiente y de utilizar los recursos racionalmente.

Siguiendo las normativas sanitarias vigentes, se articula las estrategias necesarias para que el retiro y transferencia de las grandes cantidades de residuos producidos, se realicen de forma natural, sin afectar el servicio de las otras áreas prestacionales en funcionamiento.

Por otro lado, se fortalecen los sistemas sanitarios locales para dar rápida respuesta a las posibles contingencias que surjan en las tareas en desarrollo.

3.2. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

En este momento de la actividad inicial, y casi como una consecuencia de la misma, se realizan tareas conjuntas con diferentes áreas, para alcanzar el cometido precedente, atendiendo los grandes volúmenes de vacunas que se deben aplicar y los posibles ausentismos que se generen por sobrecarga laboral o falta de disponibilidad por enfermedad, contagios o cuidados de familiares.

Se busca adecuar la gestión, de tal manera, de contar con personal adicional capacitado, motivado e identificado con las tareas que se deben realizar. La capacitación orienta la estrategia global de la Campaña de vacunación, planificando la contratación y formación con antelación, garantizando un personal idóneo, protegido y seguro en sus labores, a sabiendas que las futuras estrategias a implementar, dependerán de las capacidades adquiridas o heredadas de otras labores similares.

La formación se produjo en dos etapas: *general* y *específica*. La general cubre los aspectos básicos de identificación de la calidad de los residuos, determinando según normativas vigentes,

entre comunes y Biopatogénicos de manera clara y específica para cada elemento disponible en los nodos y es implementada a todo el personal de cada Nodo. Este tipo de metodología es posible por la escasa cantidad de productos requeridos en la vacunación. En cuanto a la capacitación específica, se centra en brindar un resultado pertinente sobre los responsables de los Nodos y personal idóneo para el retiro, almacenamiento y transferencia de los residuos generados, más las tareas administrativas de registros y archivo de la documentación oportuna. Se acompaña toda la capacitación con señalética adecuada y en cuantía requerida, a fin de colaborar con el público en general, generando una sensación de orden, comprensión y confianza.

3.3. PUESTA A PUNTO y PREPARACIÓN DE LOS NODOS

En la puesta a punto de cada Nodo de vacunación se tiene en cuenta tres dimensiones fundamentales: la seguridad, la trazabilidad y el tratamiento final de los residuos.

Sobre la seguridad, se atiende la división de los puestos de vacunación en núcleos bien diferenciados (tipo box), con suficiente señalética que indique: ubicación de los cestos, sentido de circulación de pacientes, personal/insumos y residuos, separación entre los concurrentes y áreas estipuladas para cada una de las prestaciones emergentes durante la campaña.

La trazabilidad surge con importancia para determinar de dónde provienen los residuos, que día y de qué tipo son generados. Se instruye la colocación de un rótulo con datos precisos, más los adicionales de peso de la unidad y operario gestor de la tarea.

El tratamiento final de los residuos infiere sobre su recolección diferenciada en el caso de ser posible la recuperación o reutilización, tales como son las cajas de cartón, de telgopor y los geles refrigerantes que pueden emerger útiles en otra ocasión. Para ello, se revela un espacio para su almacenamiento y posterior traslado. Para el resto de los residuos se habilitan cestos rojos, para los Biopatogénicos y negros, para los comunes.

Se dispone en cada núcleo de vacunación: un cesto rojo, uno negro y un recipiente rígido para agujas. Los envases vacíos de vidrios, son dispuestos en cestos convenientes, rígidos, en áreas de preparación de vacunas, próximos a los núcleos. (Figura 1 y Figura 2)



FIGURA 1. Núcleo Vacunatorio. Disposición de cestos y señalética sugerida



FIGURA 2. Núcleo Vacunatorio. Señalética y espacio

3.4 AUDITORIAS

Una vez adecuados los diferentes núcleos vacunatorios, capacitado el personal y asignadas las tareas y responsabilidades de los participantes, se inicia la vacunación masiva.

Todo lo gestionado responde a un procedimiento específico, según la tarea desarrollada. Para corroborar que las actuaciones de los participantes sean adecuadas y para medir las posibles desviaciones no deseadas, se establece un Plan de Auditorías de Control que verifica en cada Nodo la actuación de los recursos y el desempeño del sistema de Gestión. (Figura 3)

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL | MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA | GOBIERNO DE TUCUMÁN | Inmunizaciones vacunación COVID-19

ACTA DE INSPECCION NODOS N°0164

NODO:
 Referente a Cargo:
 Domicilio: Localidad: Depto.:
 Fecha de Inspección: Hora: Teléfono:

1. PUNTOS DE VACUNACION		
DELIMITADOS	SEÑALÉTICA	SANITIZANTE
SI / NO	SI / NO	SI / NO
2. ESTADO E HIGIENE EN AREAS		
RECEPCION DEL PACIENTE		
CONDICIONES APTAS	VACUNATORIO	SALA DE ESPERA
SI / NO	CONDICIONES APTAS	APTAS
SI / NO	SI / NO	SI / NO
3. CESTOS DE RESIDUOS (ROJOS Y NEGROS)		
IDENTIFICADOS	TAMAÑO ADECUADO	SEGREGACION ADECUADA
SI / NO	SI / NO	SI / NO
4. FUNCIONAMIENTO DEL RETIRO DE RESIDUOS		
FRECUENCIA / HORARIOS		
PAUTADO	MAPA DE CIRCULACION	SITIOS DE ACOPIO
SI / NO	ESTABLECIDO	PRIMARIO
SI / NO	SI / NO	FINAL
5. SITIOS DE ACOPIOS DE RESIDUOS		
DENOMINADO Y LEGIS DEL PUNTO DE SEGREGACION:		
CON SEGURIDAD O LLAVE: SI / NO	PRECINTADO DE LAS BOLSAS:	ROTULADO DE LAS BOLSAS: SI / NO
SEPARACION DE BOLSAS ROJAS Y NEGRAS: SI / NO	REFRIGERADOS:	
6. ENTREGA DE RESIDUOS A TRANSPORTISTA		
RESPONSABLE DESIGNADO: SI / NO	PLAN DE CONTINGENCIA: SI / NO	
ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL	MANIFIESTOS ORDENADOS	SEÑALÉTICA
SI / NO	SI / NO	SI / NO
CONOS DE SEGURIDAD		
SI / NO		

Firma Responsable del NODO y SELLO
Aclaración:
D.N.I.:

Firma y Sello del Inspector

FIGURA 3. Acta de Inspección de los Nodos Vacunatorios

La oportuna acción correctiva, disminuye el sesgo del proceso y permite la mejora continua. Las mediciones observacionales se van a centrar en:

- Puntos de vacunación (Núcleos): señalética delimitante del espacio físico, señalética de los residuos generados y disponibilidad de sanitizante.

- Estado e higiene en las Áreas.
- Cestos de Residuos: identificación, ubicación, tamaño, calidad del segregado.
- Funcionamiento del retiro de residuos: si está pautado, si hay un mapa de circulación con horario establecido y si dispone acopios intermedios.
- Sitios de Acopio: si posee seguridad o llave, delimitación, separación por tipo de residuos.
- Bolsas de Residuos: si se encuentran identificadas, precintadas, ordenadas.
- Elementos de protección personal: se mide el uso correcto y la disponibilidad adecuada,

Las auditorías también analizan los manifiestos o guías que se generan en cada transferencia de residuos, a fin de recabar los datos de las cantidades de kilos y bolsas generados.

3.5 LOGÍSTICA (COORDINACIÓN, GESTIÓN Y TRANSPORTE)

En la definición de la Gestión de Residuos en Campañas de Vacunación, se establece que la coordinación de los residuos estará a cargo del referente del Nodo Vacunatorio, el mismo, es el encargado de establecer los responsables para las tareas de retiro y transporte interno, almacenamiento provisorio y entrega o transferencia de los residuos generados en los Nodos Vacunatorios.

El delegado de la Gestión de residuos, es responsable de observar la segregación adecuada en cada núcleo, precintado e identificar las bolsas retiradas y controlar la elaboración del manifiesto o guía de transporte de los residuos hasta el punto de disposición final.

Toda la tarea gestionada se vuelca en un tablero de Gestión, creado para tal fin, donde se incluye: la cantidad de bolsas (unidades) retiradas, los kilos generados (por bolsa y en total) y la cantidad de inmunizaciones practicadas por día. De estos registros, se logra inferir un valor que establece un Indicador medible entre auditorías. (Figura 4)

La fórmula a aplicar es la siguiente:

Para extraer la cantidad diaria de inmunizados (Ecuación 1)

$$\text{Cantidad de inmunizados hasta la fecha de control} - \text{cantidad de inmunizados iniciales o control anterior} = \text{Total Inmunizados controlados}$$

Ecuación 1 Determinación Inmunizados del período controlado

Para determinar la cantidad de residuos que consume cada inmunizado por día, se realiza la siguiente ecuación que sirve para establecer una pauta medible de la gestión de residuos (Ecuación 2).

$$\frac{\text{Cantidad de residuos biopatogénicos entregados en el período controlado}}{\text{Total inmunizados controlados en el período/cantidad de días entre controles}} = \text{Indicador gr/inmunizados/día}$$

Ecuación 2 Determinación del Indicador gr/inmunizados/día

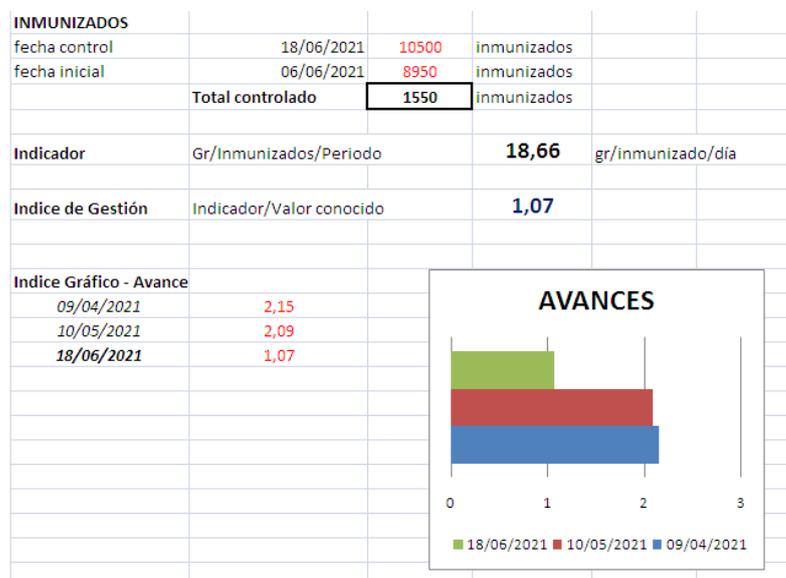


FIGURA 4. Indicador de Gestión de Residuos e Índice de Gestión.

Dicho Indicador establece la cantidad de gramos que cada inmunizado consume por día en su consideración global y de esta manera constituye una medida cuantificable y comprobable.

Se establece como *índice*, un valor conocido, determinado por: los viales (frascos) vacíos de vacunas, una torunda de algodón, agujas y jeringas estériles, pesados en balanza calibrada.

Este índice, permite cotejar con un valor estimable los resultados volcados en la planilla de gestión de cada uno de los nodos.

Por otra parte, la logística de los 19 nodos vacunatorios disponibles para la vacunación masiva, cuenta con una estrategia de elección de los sitios con ubicaciones cercanas a rutas nacionales, de buen trazado y continuo tránsito. La táctica no soslaya los eventuales imponderables de roturas de vehículos o percances que respondan a la falta de retiro de los residuos, estableciendo una alternativa en casos de emergencias o siniestros. (Figura 5)

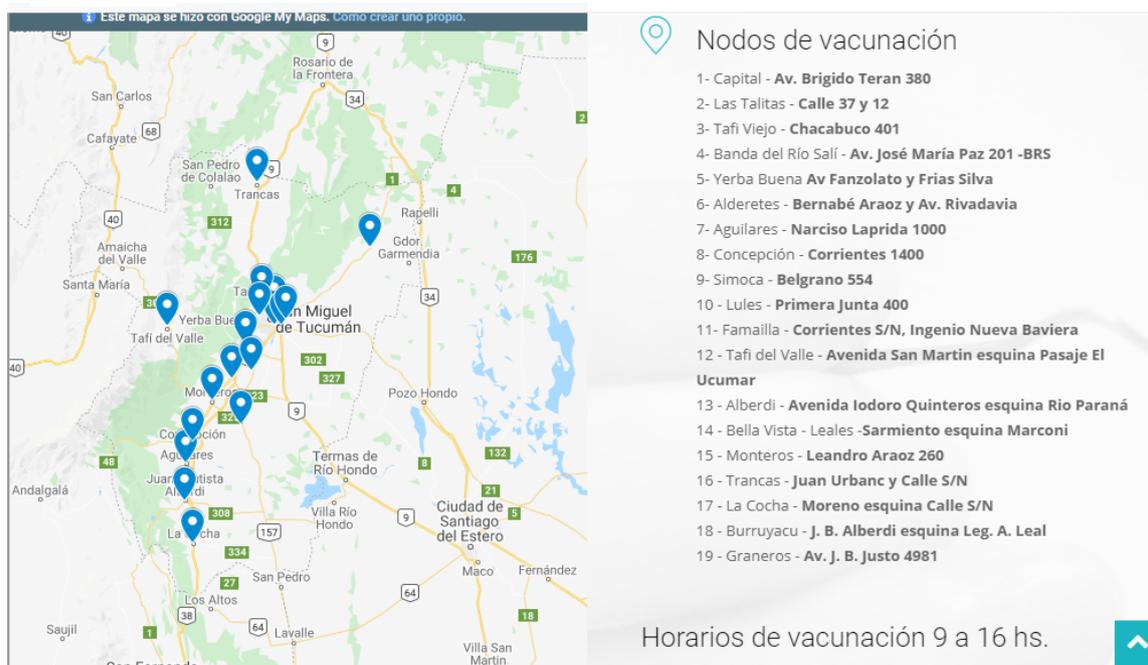


FIGURA 5. Mapa de Ubicación de Nodos Vacunatorios de Tucumán

Además, se estableció la frecuencia de retiro junto con la empresa de Tratamiento final, según la distancia y la capacidad de transporte de las unidades disponibles, sin dejar de atender a los otros servicios habituales. Con la excepción de los servicios de Tafí del Valle, Burreyacu y Trancas, que, por su ubicación particular, requiere un viaje especial para el retiro, debido a la distancia y la ruta individual a cubrir. Todos los demás nodos se retiran de dos o tres en cada recorrido. Se diagrama según la tabla adjunta (Figura 6) en el ítem de a continuación.

Orden	DIAS	NODO/S	HORARIO
1	Lunes – Jueves	Capital – Escuela Técnica Juan XXIII	Mañana
2	Lunes – Jueves	Capital – Caja Popular	Tarde
3	Martes – Viernes	Capital – Dirección de Emergencia 107	Mañana
4	Martes – Viernes	Capital – Hipódromo	Tarde
5	Miércoles – Sábados	Capital – Complejo Deportivo Ojo de Agua	Mañana
6	Miércoles – Sábados	Capital – Autovac	Tarde
7	Lunes – Jueves	Trancas	Mañana
8	Martes – Viernes	Burreyacu	Mañana
9	Lunes – Jueves	Aguilares	Tarde
10	Lunes – Jueves	Concepción	Tarde
11	Martes – Viernes	Simoca	Tarde
12	Martes – Viernes	Lules	Mañana
13	Miércoles – Sábados	Monteros	Mañana
14	Miércoles – Sábados	Tafí del Valle	Mañana
15	Miércoles – Sábados	Alberdi	Mañana
16	Martes – Viernes	Bella vista – Leales	Tarde
17	Martes – Viernes	La Cocha	Tarde
18	Martes – Viernes	Yerba Buena	Mañana
19	Lunes – Jueves	Graneros	Tarde

20	Lunes – Jueves	Tafí Viejo	Mañana
21	Martes – Viernes	Banda del Río Salí	Tarde
22	Martes – Viernes	Alderetes	Tarde
23	Miércoles – Sábados	Famaillá	Mañana
24	Lunes – Jueves	Las Talitas	Mañana

FIGURA 6. Logística de Frecuencia de retiro por Nodo Vacunatorio de Tucumán

4. CONCLUSIONES

La gestión integral de residuos en Nodos de Vacunación, dejó claro que la protocolización del manejo de los mismos, es posible de realizar.

Con el armado de una Guía de Trabajo se logra:

- Establecer un procedimiento uniforme para que todos los actores puedan trabajar de forma coordinada en las mismas circunstancias, sin dependencia a los recursos humanos y atendiendo a las necesidades procedimentales exclusivamente.
- Dar respuesta a las distintas instancias de la generación de residuos, focalizando la tarea hacia la minimización de los mismos en su gestión. También se incluye un plan de reutilización y reciclado en casos particulares y posibles de realizar, a saber: cartones, cajas de telgopor, geles conservantes.
- Crear una línea de trabajo para el manejo de residuos de forma segura y económica.
- Impedir que los residuos generados en los Nodos de Vacunación lleguen a áreas naturales o urbanas, provocando daños ambientales u otras enfermedades a la salud.

La pandemia pone a prueba el trabajo en equipo, la coordinación, la confianza y, sobre todo, el amor al prójimo.

Desde la Dirección de Salud Ambiental, se trabaja con ahínco en la obtención de un resultado preciso, efectivo y expedito, atravesando diferentes ensayos prueba / error, que nos trae a usar criterios aprendidos para posicionar como “BUENAS PRACTICAS”:

*La instrumentación de un **Acta de Inspección** que revela:

- Núcleos vacunatorios: adecuación, señalética, sanitización
- Estado de Higiene de: Recepción, Sala de Espera, Núcleos Vacunatorios
- Cestos de Residuos: identificación, tamaño, segregación adecuada
- Transporte de Residuos: frecuencia, mapa de circulación, rotulación
- Sitios de Acopios: delimitación, seguridad, plan de contingencia
- Elementos de protección personal: uso, cantidades, descarte
- Documentación: archivo y tratamiento

***Tablero de Gestión de Residuos** en Nodos:

Generación del indicador: **gr/inmunizados/día** como medida de Gestión Interna.
Gráficas de gestión interna para comparar entre Nodos

El COVID 19 provoca pérdidas sin antecedentes en todos. Diferentes países, sociedades, culturas e ideologías, de forma colectiva, esperan la disponibilidad de vacunas seguras y efectivas frente al virus, tecnologías de diagnóstico y terapéuticas especializadas, así como el cumplimiento de las medidas sociales y de salud pública.

También existe una clara demanda a la prevención de nuevas introducciones zoonóticas, fundamentales para salvar más vidas.

Esperamos que la presente, resulte una herramienta más para la contención de la atroz pandemia que azota al mundo entero.

5. REFERENCIAS

[1] Figliolo, Carla. Guía argentina para la gestión racional de residuos de campañas y centros de vacunación. - 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2013. E-Book. ISBN 978-987-33-4202-8. 1. Salud Pública. I. Título CDD 362.1 Fecha de catalogación: 04/12/2013

[2] Vacunación frente a la COVID 19: Guía de suministro y logística. © Organización Mundial de la Salud (OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 2021. Obra disponible en virtud de la licencia CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2020.

[3] World Health Organization. (2006) . Management of waste from injection activities at the district level: guidelines for district health managers. World Health Organization.

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/43476>

[4] Plan Estratégico para la vacunación contra la covid-19 en la república argentina.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer al personal de salud que, en todos los rincones de la provincia, todos los días trabajan sin cansancio en los cuidados que se toman frente a la pandemia. La contingencia que se vive, remarca la importancia del rol y el trabajo de los profesionales de la salud en todo el mundo y en especial en nuestro territorio. Están al frente, no solo de la lucha contra el COVID-19, sino de la atención médica y sanitaria de toda la sociedad.

Son los integrantes del sistema sanitario quienes, en cada punto de atención, en cada centro de salud: aconsejan, ayudan y brindan los cuidados que cada paciente necesita. Todos comprometidos con el fortalecimiento de los sistemas de salud, principal pilar para lograr el avance de este momento sanitario.

La crisis mundial que ha causado el coronavirus exhibe con claridad cuán necesario es invertir en salud, incluyendo mayor cantidad de recursos humanos, equipamiento, entrenamiento y especialización. Contar con personal sanitario es imprescindible para afrontar tanto los desafíos que proponen las enfermedades infecciosas, como el cuidado y tratamiento de pacientes que padecen enfermedades crónicas y cuyo número en Argentina y en América Latina está en aumento.

Agradecemos a todas las personas que están asistiendo a pacientes en consultorios, centros de atención primaria, clínicas, sanatorios, hospitales, dispensarios, laboratorios, centros de imágenes y Nodos Vacunatorios.

Salvaguardamos nuestro compromiso de seguir trabajando, siempre, por la salud.

Optimización de la Síntesis y Diseño de Playas de Tanques de Sustancias Inflamables poco Volátiles Considerando la Seguridad

Orellano Santiago*; Rodríguez, Néstor H.; Scenna, Nicolás J.

CAIMI (Centro de Aplicaciones Informáticas y Modelado en Ingeniería), UTN-FRRO (Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Rosario)

sorellano@frro.utn.edu.ar

nscenna@frro.utn.edu.ar

RESUMEN

Los principios del diseño inherentemente más seguro imponen la consideración del riesgo desde las primeras etapas del diseño. Sin embargo, el análisis cuantitativo del riesgo (QRA) es realizado una vez finalizado el diseño del *layout*. Diferentes estrategias han sido propuestas para considerar el riesgo en etapas tempranas, principalmente basadas en índices, las cuales son de particular utilidad para comparar distintos diseños factibles. El diseño o la optimización del *layout* se realizan generalmente, considerando unidades de dimensiones conocidas y mediante matrices de distancias de separación basadas en prácticas industriales y reglas empíricas. Una metodología ampliamente difundida ha sido el diseño basado en valores límites que consiste en la limitación del impacto sobre las unidades ante los potenciales eventos accidentales. La implementación de esta metodología resalta ciertos *trade-offs* (decisiones de compromiso) económicos entre distintas etapas del diseño afectando el riesgo total del diseño final. En efecto, es conocido que la división de inventarios reduce el impacto ante un evento accidental y, por otro lado, implica un incremento en los costos de construcción. En este trabajo, se desarrollan modelos de optimización para definir el diseño de playas de tanques de sustancias inflamables y de baja volatilidad considerando la limitación del impacto ante un incendio. De esta manera, se evalúa el *trade-off* entre el costo de construcción y el costo del terreno que se dispone para limitar el impacto. Se plantean modelos de optimización MILP (Programas Mixto Entero Lineales), los cuales son resueltos en GAMS, con el objetivo de determinar el número de tanques óptimos, sus dimensiones y las de los diques de contención. Para el diseño se utilizan regulaciones y recomendaciones utilizadas internacionalmente. Se evalúa la influencia en las soluciones óptimas de distintos parámetros; entre ellos, la sustancia, el volumen total a almacenar, y distintas relaciones de los parámetros de costos intervinientes.

Palabras Claves: Tanques atmosféricos, MILP, Seguridad, Incendio de charco.

ABSTRACT

Inherently safer design principles include the consideration of risk since the earliest stages of design. However, the Quantitative Risk Analysis (QRA) is performed once the layout design is completed. Different strategies have been proposed to consider risk in early stages, mainly based on indexes, which are particularly useful for comparing different feasible designs. The design and optimization of the *layout* are generally carried out, considering units of known dimensions and by using separation distance matrices based on industrial practices and empirical rules. A widely disseminated approach has been the design based on threshold values, which consists of limiting the impact on the units in case of potential accidental events. The implementation of these methodologies reveals certain economic trade-offs between different stages of the design crossed by risk. Indeed, it is known that inventory division reduces the impact of an accidental event and, on the other hand, implies an increase in construction costs. In this work, optimization models are developed to define the design of flammable and low volatility tank farms considering the limitation of the impact in case of a fire. In this way, the trade-off between the cost of construction and the cost of the land to limit the impact is evaluated. Mixed Integer Linear Programs (MILP) models are proposed and solved in GAMS, in order to determine the optimal number of tanks, their dimensions and the dikes ones. International regulations and recommendation are used for the design. The influence on the optimal solutions of different parameters is evaluated. Among them, the substance, the total volume to be stored, and different relationships of the intervening cost parameters.

Keywords: Tank farm, MILP, Safety, Pool fire.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la creciente demanda de bienes y servicios ha generado un incremento en la producción, lo que provocó la ampliación de los procesos ya existentes, y la aparición de nuevos procesos productivos para satisfacerla. Asociado a este crecimiento, se han manifestado problemas de distinta naturaleza, entre ellos ambientales, ocasionado por el incremento de los desechos y las emisiones; y de seguridad. Enfocándonos en estos últimos, se han manifestado eventos accidentales de distinta naturaleza. Entre ellos, podemos referenciar explosiones, incendios y fuga de tóxicos, que han sido los protagonistas de los accidentes más catastróficos ocurridos en la historia de la industria.

Para garantizar el desarrollo de la actividad industrial de manera sustentable, es de suma importancia la minimización de la frecuencia de ocurrencia de tales eventos accidentales, como así también la atenuación de las consecuencias, en caso de que ocurra el evento. En este marco surge la metodología de diseño inherentemente más seguro que, entre sus principios fundamentales se encuentra la consideración del riesgo desde las primeras etapas de diseño.

En estas etapas, la evaluación cuantitativa del riesgo (QRA) es inviable dado que muchas de las variables de diseño aún no se conocen, e incluso el *layout*, aún no ha sido definido. Es así, que diferentes estrategias fueron propuestas para la consideración del riesgo en las primeras etapas de diseño, buscando facilitar la toma de decisiones. Entre las estrategias más difundidas, se desarrollaron numerosos indicadores con este objetivo. Entre ellos los indicadores claves de desempeño inherentes a la seguridad -Inherent Safety Key performance Indicators- [1,2], el índice integrado inherente a la seguridad I2SI -Integrated Inherent Safety Index- [3], entre otros. Estos índices son de particular importancia para comparar entre varios diseños predefinidos. Es decir, es necesario realizar un conjunto de diseños preliminares y luego seleccionar la alternativa más conveniente, tendiente a solucionar el *trade-off* (decisión de compromiso) que se presenta entre la seguridad y la economía. Puede notarse en este proceso, la dificultad de obtener soluciones óptimas.

Por otro lado, es conocido que uno de los principales objetivos del diseño del *layout* está asociado a la seguridad. En efecto, las unidades en el *layout* de proceso, o bien en el *layout* general de planta, se disponen en el espacio de modo de minimizar las consecuencias asociadas a un potencial evento accidental. Una de las estrategias más utilizadas para realizar el diseño o la optimización del *layout* consiste en la utilización de matrices de distanciamientos mínimos entre unidades. Si bien, en general son utilizadas matrices empíricas o basadas en prácticas industriales, surgieron ciertos trabajos tendientes al establecimiento de valores límites en el impacto, de modo de determinar estas distancias realizando el modelado de las consecuencias asociadas a los diferentes eventos accidentales [4]. Este último enfoque, será usado en este trabajo.

Considerando lo expuesto, es de notar el surgimiento de ciertos *trade-offs* que involucran distintas etapas del diseño, desde la síntesis de las unidades que conformarán el *layout* hasta el diseño u optimización del *layout* general de planta. Con el objetivo de ejemplificar esta conclusión, consideremos el siguiente hecho: las consecuencias asociadas a un evento accidental son función de la masa involucrada. De hecho, supongamos que el vector físico a través del cual se manifiesta un evento accidental es V (intensidad de radiación en un incendio, sobrepresión en una explosión o concentración en el caso de una fuga de tóxicos). La magnitud de este vector puede representarse como una función de ciertas variables de diseño de la unidad i (VD_i), de la distancia de la unidad a la cual se evalúa éste (d_i), y de ciertos parámetros como las propiedades de la sustancia, las condiciones atmosféricas, las características de la fuga, entre otras que denotamos (Par). Luego, es posible expresar: $V=f(d_i, VD_i, Par)$. Si se fija un valor límite al vector de escalamiento, según lo mencionado, supongamos $V=V_{lim}$, entonces $V_{lim}=f(d_i, VD_i, Par)$. A partir de lo cual podría determinarse la distancia de seguridad mediante la resolución iterativa de la expresión mencionada. Sea la variable de diseño, por ejemplo, el número de tanques, o reactores. Es sabido que, al aumentar el número de unidades, en que se almacena un volumen total constante, aumentan los costos de construcción. Sin embargo, al aumentar el número de unidades, disminuirá la masa almacenada en cada una de ellas, y, por lo tanto, al resolver la ecuación presentada, la distancia de seguridad será menor. A partir de ello, los costos asociados al posterior diseño del *layout* serán menores. Se entiende entonces que por ejemplo el número de unidades en que se almacena o procesa cierta sustancia constituye un claro ejemplo de una decisión, que, atravesada por el diseño inherentemente más seguro, resulta en un *trade-off* económico que involucra distintas etapas del diseño de la planta.

En este marco, en este trabajo se pretende evaluar este *trade-off* mediante el desarrollo de modelos de optimización considerando la división del inventario y las zonas potencialmente impactadas. Se analiza el almacenamiento en tanques atmosféricos de sustancias inflamables de baja volatilidad. Estas sustancias son caracterizadas como $R10$ según [5]. Si se observan los árboles de eventos genéricos propuestos por [6], el único evento final que resulta de estas sustancias es el incendio de charco. Estas sustancias presentan una temperatura de inflamación entre 21 y 55 °C (kerosene, estireno, xileno, entre otros); aunque ciertas sustancias como el diésel con temperaturas de inflamación cercanas a 55 °C, son a menudo consideradas en el análisis cuantitativo de riesgos,

aun cuando la probabilidad de ignición resulta muy baja. El mismo análisis que se realiza en este trabajo puede aplicarse a sustancias con temperaturas de inflamación inferiores, aunque en ese caso es necesario considerar, además, los restantes eventos finales (explosión de la nube de vapor -VCE- o bien el *flash fire* -fogonazo-).

Enfocándonos en el evento de incendio de charco, éste se constituye como uno de los eventos accidentales más frecuentes, y particularmente en la industria de procesos, es el más frecuente. Además, muchos de los accidentes más catastróficos ocurridos en la industria comenzaron con un incendio de charco, que desencadenó, por efecto dominó otros incendios o explosiones [7,8].

En los últimos años, una serie de trabajos tendientes a abordar la problemática que surge en la división del inventario, en el diseño de playas de almacenamiento considerando el potencial incendio de charco o bien sobre el techo del tanque para prevenir el efecto dominó fueron publicados. Entre ellos, podemos citar el trabajo de [9], quienes evalúan el modo en que distribuir espacialmente un número fijo de tanques para prevenir el efecto dominó ante eventos de incendio, el método se reduce a la determinación de la distancia entre tanques mediante una modificación del modelo de la fuente puntual. [10] evaluó la relación entre el volumen total a almacenar y el riesgo sobre el entorno dividiendo la sustancia en varios tanques. Este estudio presentó uno de los primeros pasos en el análisis del impacto de la división del inventario sobre el riesgo. Si bien el análisis de riesgo es realizado en profundidad, la determinación del número de tanques se realiza mediante una parametrización y evaluación exhaustiva.

En este contexto, en este trabajo se desarrollan modelos de optimización tendientes a evaluar la conexión existente entre la división del inventario de sustancias inflamables de baja volatilidad a almacenarse en tanques atmosféricos, su distribución en el espacio y la superficie potencialmente afectada ante un evento de incendio de charco. Mediante el empleo de técnicas de linealización, modelos de optimización MILP (*Mixed Integer Linear Program*) son propuestos para optimizar la síntesis (número de tanques, distribución en el espacio) y diseño (dimensiones de los tanques y del dique) de la playa de tanques.

El objetivo consiste en la minimización de los costos asociados a la construcción de la playa de tanques y el costo del terreno potencialmente afectado por un incendio de charco, considerando que los límites de radiación impuestos se garanticen sobre los límites de dicha superficie. El *trade-off* a resolver surge de: a medida que se aumenta el número de tanques, el costo de construcción aumenta, sin embargo, disminuye la distancia en que se manifiestan los valores de radiación fijados. Esta disminución en la distancia ocasiona una disminución en la superficie del terreno reservada como medida de protección pasiva y, por lo tanto, disminuye el costo asociado a esta área.

Obviamente, si el volumen total a almacenar disminuye, tanto los costos de construcción como los del terreno disminuirán. De hecho, uno de los principios de diseño inherentemente más seguro impone la minimización de los inventarios. En el abordaje de este problema, se considera que el volumen total a almacenar es un parámetro de diseño previamente establecido. Este surge naturalmente de los balances de masa de la planta y de decisiones asociadas a la logística.

El modelo desarrollado es aplicado a distintas sustancias, diferentes volúmenes totales a almacenar y diferentes parámetros de costos con el objetivo de analizar las soluciones óptimas. En futuros trabajos, se destinarán esfuerzos para la determinación de reglas heurísticas fundadas en las soluciones obtenidas con el objetivo de desarrollar un método para la determinación de las variables óptimas aquí obtenidas sin la necesidad de realizar el modelo de optimización. Esto, con el objetivo de proponer métodos de diseño sencillos, que intenten resolver los *trade-offs* existentes entre distintas etapas de diseño considerando la seguridad.

A continuación, se plantea el problema a resolver, analizándose las hipótesis y consideraciones de diseño realizadas.

2. DESARROLLO

El trabajo se organiza del siguiente modo: en primer lugar, se enuncia el problema a resolver, enumerándose las principales hipótesis y consideraciones para el diseño, teniendo en cuenta estándares internacionales utilizados con este fin. Luego se plantea el modelo matemático en forma de modelo MINLP (*Mixed Integer Nonlinear Program*) con el objetivo de favorecer el entendimiento. Las restricciones no lineales son linealizadas. Los métodos utilizados para este fin son expuestos posteriormente. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos y se resaltan las conclusiones.

2.1. Enunciado

Se pretende almacenar un volumen total (V_t) de una sustancia inflamable de baja volatilidad. El objetivo consiste en minimizar los costos totales, que incluyen a los costos de construcción y de la superficie afectada por encima de un cierto nivel de impacto ante un evento de incendio de charco. Es decir, al limitar el nivel de impacto, es necesario cuantificar e incluir en la función objetivo el área externa a la playa que ante un eventual incendio de charco se encontraría sujeta a una radiación superior a la fijada.

Las variables críticas que deben determinarse para el diseño de la playa son: el número de tanques (n) en donde disponer el volumen total, las dimensiones de estos (D , h) de acuerdo a estándares de construcción, las dimensiones del dique siguiendo recomendaciones, códigos y regulaciones internacionales, y los costos de construcción de los tanques, del dique y de la superficie afectada.

2.2. Consideraciones de diseño

Se incluyen a continuación las consideraciones de diseño y las hipótesis asumidas para el diseño de los tanques y del dique de contención.

2.2.1. Diseño de los tanques

Los tanques utilizados en planta pueden clasificarse en función de diferentes criterios, de acuerdo con la presión de operación, la forma, el material, entre otros criterios de diseño. De acuerdo a la forma, existen tanques atmosféricos rectangulares, usados para el almacenamiento de bajos volúmenes; cilíndricos horizontales usados en el almacenaje de volúmenes mayores y tanques cilíndricos verticales, usados para el almacenaje de grandes cantidades. Dentro de los tanques atmosféricos verticales, existen diferentes tipos como por ejemplos los de techo fijo, cónico o flotante. Los tanques de techo flotante son usados para líquidos con bajas temperaturas de ignición, el techo se ajusta a la altura del líquido, evitando así la generación de vapores en el espacio que se generaría entre ambos. El tipo de techo será función de la temperatura de ignición y de la volatilidad de la sustancia almacenada.

En este trabajo nos enfocaremos en los tanques atmosféricos verticales. Dentro de las hipótesis realizadas para el diseño de los tanques, se considera que todos los tanques que contienen a una sustancia en particular presentan las mismas dimensiones.

Se utilizan las normas API [11] para el diseño de los tanques. Para volúmenes totales inferiores a $16.000 m^3$, la API establece diámetros máximos en función del número de anillos de montajes utilizados para cada tanque, considerándose anillos de montaje de $1800 mm$ -Tabla 1-. Las restricciones se establecen, considerando un espesor de pared máximo de $13 mm$.

Tabla 1: Capacidades nominales [11]

Diámetro (m)	Altura (m) / Número de anillos de montaje								
	3.6/2	5.4/3	7.2/4	9/5	10.8/6	12.6/7	14.4/8	16.2/9	18/10
3	25	38	51	64	76	-	-	-	-
4.5	57	86	115	143	172	-	-	-	-
6	102	153	204	254	305	356	407	-	-
7.5	159	239	318	398	477	557	636	716	795
9	229	344	458	573	687	802	916	1,031	1,145
10.5	312	468	623	779	935	1,091	1,247	1,403	1,559
12	407	611	814	1,018	1,221	1,425	1,629	1,832	2,036
13.5	515	773	1,031	1,288	1,546	1,804	2,061	2,319	2,576
15	636	954	1,272	1,590	1,909	2,227	2,545	2,863	3,181
18	916	1,374	1,832	2,290	2,748	3,206	3,664	4,122	4,580
									D-18
21	1,247	1,870	2,494	3,117	3,741	4,364	4,988	5,089	-
24	1,629	2,443	3,257	4,072	4,886	5,700	5,474	D-20	-
27	2,061	3,092	4,122	5,153	6,184	6,690	D-22	-	-
30	2,545	3,817	5,089	6,362	7,634	D-26	-	-	-
36	3,664	5,497	7,329	9,161	D-30	-	-	-	-
					D-36				
42	4,988	7,481	9,975	-	-	-	-	-	-
48	6,514	9,772	11,966	-	-	-	-	-	-
54	8,245	12,367	D-46	-	-	-	-	-	-
60	10,179	15,268	-	-	-	-	-	-	-
66	12,316	16,303	-	-	-	-	-	-	-
									D-62

2.2.2 Diseño del dique de contención

El dique de contención constituye una medida de protección pasiva que sirve como segunda contención. Éste contendrá a las sustancias en caso de una pérdida de contención. Son útiles en el

caso de sustancias con temperatura de ebullición superiores a la atmosférica, de otro modo, en los casos de temperaturas de ebullición menores y tasas de evaporación elevadas, resultan irrelevantes.

Existen distintas normas y recomendaciones para el diseño de estos que difieren en sus códigos. Entre las variables usualmente recomendadas, se encuentran la altura de la pared del dique, los distanciamientos mínimos entre tanques y desde los tanques hacia las paredes del dique, la capacidad de contención, entre otras. En este trabajo se adoptan los estándares propuestos por la Secretaría de Energía y Combustibles [12] y por la NFPA [13], puesto que es una de las más usadas internacionalmente.

2.3. Modelo matemático

Se desarrolla a continuación un resumen del modelo de optimización planteado como un modelo mixto entero no lineal (MINLP) con el objetivo de clarificar la naturaleza de las restricciones. En el apartado 2.3.5 (Técnicas de linealización) se referencian las principales técnicas utilizadas para la linealización de las ecuaciones no lineales.

2.3.1. Diseño de tanques

El volumen de los tanques (v) puede representarse mediante la Ecuación 1. Dado el volumen total a almacenar (V_t) y, de acuerdo con la hipótesis de igualdad de los tanques, podemos expresar a V_t , mediante la Ecuación 2.

$$v = \frac{\pi D^2 h}{4} \quad (1)$$

$$nv = V_t \quad (2)$$

Donde n es el número de tanques, D el diámetro de los tanques [m] y h la altura de estos [m].

Considerando la utilización de anillos de montaje de 1800 mm , la altura del tanque puede representarse mediante la Ecuación 3. Teniendo en cuenta las recomendaciones de diseño de la API (Tabla 1), el diámetro asume valores inferiores a los máximos establecidos en función del número de anillos de montaje -Ecuación 4-

$$h \in \{n_a h_a \wedge n_a \in [2, 3, \dots, n_{amax}]\} \quad (3)$$

$$D \leq D_{max}(k_a) \quad (4)$$

Donde, n_a representa el número de anillos de montaje utilizados y h_a la altura del anillo de montaje (1,8 m). Obsérvese que la decisión de diseño asociada al número de anillos de montaje ocasiona que la altura del tanque asuma valores de un conjunto discreto, representado en la Ecuación (3). Esto facilita la tarea de linealización de las ecuaciones, como se mencionará en la sección correspondiente a las técnicas de linealización utilizadas.

2.3.2. Diseño del dique de contención

Las restricciones impuestas por [8] y [9] son incluidas en el modelo de optimización. Éstas referentes a la altura de la pared del dique, el volumen de contención del dique, los distanciamientos mínimos entre tanques, como así también los distanciamientos mínimos entre los tanques y las paredes del dique.

Las restricciones descriptas son modeladas de modo de establecer las relaciones funcionales que vinculan a las variables D , h , h_e (altura del dique), n_a (número de anillos de montaje), A (área del dique asociada a un tanque), entre otras. Definimos a la variable s como el lado del dique correspondiente a un tanque a través de la Ecuación 5 y el diámetro equivalente del dique (necesario para la estimación de la distancia de seguridad) a través de la Ecuación 6.

$$s = \sqrt{A} \quad (5)$$

$$D_{eq} = \frac{2s}{\sqrt{\pi}} \quad (6)$$

Asumiendo la disposición de los tanques en no más de dos filas, para garantizar el acceso de la brigada contra incendios (según [13]), es posible establecer estructuras de tanques asociadas al número de tanques que han sido seleccionados, y de este modo, definir el número de tanques

adyacentes que presentan cada lado del dique. De este modo, mediante la tabla 2, podemos asociar el número de tanques de cada lado de la playa (α_c y β_c) en función del número total de tanques (c) a utilizar. En la Figura 1 se representa esquemáticamente a las distribuciones incluidas en la Tabla 2.

Tabla 2: Dimensiones de la playa (en número de tanques) en función del número de tanques adoptados

c (número de tanques)	1	2	3	4	5	6	7	8
α_c (número de taques lado menor)	1	1	1	2	2	2	2	2
β_c (número de taques lado mayor)	1	2	3	2	3	3	4	4

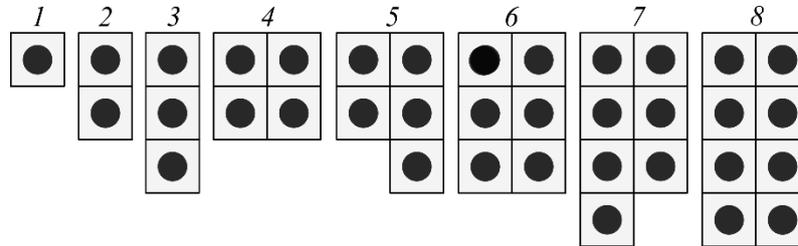


Figura 1 Conjunto de potenciales distribuciones de los tanques

Estas estructuras son modeladas mediante disyunciones. A partir de esto es posible asociar los lados de la playa (l_a y l_b) en función del número de tanques seleccionados según la disyunción presentada en la Ecuación 7. Donde, l_a representa el lado menor de la playa y l_b el mayor. Sea C el conjunto de potenciales números de tanques. En este caso, se considera el conjunto C de 1 a 8 tanques.

$$c \in C \begin{cases} Y_c \\ l_a - \alpha_c s = 0 \\ l_b - \beta_c s = 0 \\ n = c \end{cases} \quad (7)$$

Estas disyunciones son reformuladas a través de la relajación *Convex Hull* (envolvente convexa), ya que representa el conjunto convexo más pequeño que incluye el set de disyunciones [14,15].

2.3.3. Modelo reducido para estimar distancias de seguridad

Se utiliza para la estimación de distancias de seguridad, en el caso de un incendio de charco, un modelo reducido desarrollado por nuestro centro de investigación, que consiste en una correlación basada en funciones potenciales. Se expresa la distancia de seguridad (L) en función de tres variables: el diámetro equivalente del charco (D_{eq}), el parámetro HRR característico de cada sustancia (tasa de liberación de calor por unidad de área de quemado) y la radiación máxima tolerada por los distintos receptores (I).

El parámetro HRR puede encontrarse tabulado, o bien, puede calcularse mediante el producto entre el calor de combustión (ΔH_c) y la tasa de quemado (m''). Esta última puede estimarse a través de correlaciones en función del calor de combustión y del calor necesario para lograr la vaporización (ΔH_v) -Ecuación 8 y 9-

$$HRR = \Delta H_c m'' = 10^{-3} \left(\frac{kg}{m^2 s} \right) \frac{\Delta H_c^2}{\Delta H_v} \quad (8)$$

$$HRR = 10^{-3} \left(\frac{kg}{m^2 s} \right) \frac{\Delta H_c^2}{\lambda + \int_{T_o}^{T_{eb}} c_p dT} \quad (9)$$

Donde, λ es el calor latente de vaporización, c_p el calor específico, T_o la temperatura ambiente y T_{eb} la temperatura de ebullición.

Si la temperatura de ebullición es cercana a la atmosférica, en general, el calor sensible que interviene en el cálculo de ΔH_v suele despreciarse.

El nivel de impacto I puede definirse en función de lo expuesto por [4], y en función de estándares para considerar el impacto sobre las personas. Según [4], los límites de radiación usados

para prevenir el efecto dominó en equipos a presión será de 40 kW/m² y de 15 kW/m² para equipos atmosféricos. Para el caso de daño a las personas, es usual la consideración del límite 1,5 kW/m².

La determinación de la distancia para los distintos receptores puede ser representada mediante el modelo presentado en la Ecuación 10. Los parámetros de este se incluyen en la Tabla 3.

$$L = \begin{cases} a_1 I^{b_1} HRR^{c_1} D^{d_1} & D < 20 m \\ a_2 I^{b_2} HRR^{c_2} D^{d_2} & D \geq 20 m \end{cases} \quad (10)$$

Obsérvese que el modelo se corresponde con una ecuación dimensional, donde las unidades de las diferentes variables son: *HRR* e *I*: [kW/m²], *D*: [m], *L*: [m].

Tabla 3: Parámetros del Modelo Reducido (Ecuación 10)

Parámetro	<i>f</i> ₁ (<i>D</i> < 20 m)	<i>f</i> ₂ (<i>D</i> ≥ 20 m)
a	0,360	0,298
b	-0,638	-0,636
c	0,466	0,602
d	0,696	0,398

Obsérvese que, definidas la sustancia y el receptor hacia el cual se calcula la distancia de seguridad, ésta distancia resulta una función potencial del diámetro equivalente del charco. La linealización de este término se realiza mediante la aproximación sucesiva de rectas. En la sección correspondiente a técnicas de linealización se profundiza en este hecho.

2.3.4. Función objetivo

La función objetivo a minimizar considera a los costos de construcción de los tanques (*C_{TK}*), los costos asociados a la construcción del dique de contención (*C_{endic}*) y los costos asociados a la superficie del terreno potencialmente impactado ante un eventual incendio de charco (*C_{sup}*). Podemos representarla a través de la Ecuación 11.

$$C_{tot} = C_{TK} + C_{sup} + C_{endic} \quad (11)$$

Costo de los tanques (*C_{TK}*)

El costo de cada tanque es función de su capacidad, del material con que se construyen, de la presión y temperatura con que operará, entre otros. Para tanques atmosféricos, existen correlaciones que permiten estimar el costo de los tanques en función de la capacidad. En este trabajo se utiliza la correlación incluida en la Ecuación 12, propuesta por [12]. La misma se actualiza en función de los índices disponibles como por ejemplo el *CEPCI* (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) considerando además factores para la consideración del costo de instalación, del *piping* interno (cañerías y accesorios), entre otros.

$$C_{TK} = \beta_1 v^{\beta_2} \quad (12)$$

Costo del dique de contención (*C_{endic}*)

El costo del dique es estimado a partir del costo del concreto y de las dimensiones del dique. Como se verá en la sección correspondiente a resultados, el mismo no presenta una influencia notable en la función objetivo. De hecho, las variables de diseño de los tanques y del dique son prácticamente insensibles a variaciones de los parámetros de costos del dique.

Costo del área afectada (*C_{area}*)

Es importante resaltar en este punto la metodología de diseño adoptada: si en el diseño del *layout* se considera el diseño basado en valores límites (con el objetivo de prevenir el efecto dominó y el daño a las personas) es posible considerar la superficie del terreno potencialmente afectada en la función objetivo. A través de esta metodología, se estaría considerando en etapas tempranas el impacto de ciertas variables de diseño, que influyen en la posterior etapa de diseño u optimización de *layout*.

El costo del área potencialmente afectada puede calcularse mediante la Ecuación 13. Obsérvese que en el posterior diseño del *layout*, el área aquí considerada será ocupada por la playa de tanques y la distancia de seguridad será asegurada desde el borde del dique hacia las demás unidades.

$$C_{sup} = c_{sup} (l_a + 2L)(l_b + 2L) \quad (13)$$

Siendo c_{sup} el costo de la unidad de terreno.

Obsérvese que la función objetivo del modelo puede reformularse para excluir el costo del área potencialmente impactada y utilizar ésta como una restricción en el caso de que el terreno se encuentre ya disponible. En ese caso, el problema de optimización tenderá a minimizar el número de tanques en que se dispone el volumen total, cumpliendo con la restricción del terreno disponible. Un paso más allá en el desarrollo de estrategias para la vinculación entre etapas de diseño diferenciadas consiste en la optimización de las variables de diseño que conciernen a la playa de tanques en simultáneo con la optimización del *layout*. De hecho, en este trabajo se desarrollan ciertos procesos en la búsqueda de tal estrategia. Si bien existen distintas formulaciones, en la optimización del *layout*, en general se requiere del conocimiento de las dimensiones de las unidades y de las matrices de distanciamientos entre unidades. A través de las restricciones desarrolladas, es posible asociar el número de tanques y las dimensiones de los mismos con las dimensiones de la playa y la distancia de seguridad. Obsérvese que, a partir de estas, es factible el desarrollo de modelos de optimización de *layout* que involucren variables de diseño conceptual.

2.3.5. Técnicas de linealización

La linealización del modelo se realiza con el objetivo de garantizar la globalidad de las soluciones óptimas obtenidas. A continuación, se exponen resumidamente las técnicas de linealización utilizadas.

En la Ecuación (1), el producto D^2h usado para el cálculo del volumen de cada tanque debe linealizarse. En primer lugar, se utiliza una variable para relajar el término D^2 mediante D_2 , la cual se ajusta secuencialmente mediante la resolución iterativa del modelo de optimización. Esta estrategia es utilizada en distintos puntos del modelo, a modo de ejemplo, se desarrolla la linealización de este término puesto que es directa la deducción en los restantes casos. La variable relajada D_2 , asumirá un valor dentro de la zona sombreada (Figura 2). Las rectas inferiores utilizadas para la relajación surgen de las rectas tangentes en los puntos extremos y las superiores son aquellas que contienen a ambos puntos extremos de cada intervalo.

Luego de obtenida la solución óptima se evalúa la relajación. Si el valor de D_2 coincide con D^2 con una tolerancia especificada, el bucle correspondiente a esta relajación será satisfecho y el modelo terminará si los demás criterios se satisfacen. De no satisfacerse alguno de los criterios impuestos, el problema de optimización se ejecutará nuevamente, agregando nuevos intervalos si la solución de D_2 no satisface el criterio. Los límites de los intervalos son actualizados de acuerdo al diámetro óptimo obtenido en la iteración anterior. Este nuevo ajuste añade un nuevo intervalo. Es decir, sean los intervalos indicados en la Figura 3 y sea la solución óptima obtenida en la iteración actual x^* . Los intervalos se actualizan según se muestra en la Figura 3, asumiendo al diámetro óptimo de la iteración actual como un nuevo extremo de intervalo. Esta estrategia de resolución se implementa mediante disyunciones, siendo estas últimas reformuladas mediante la relajación *convex hull*.

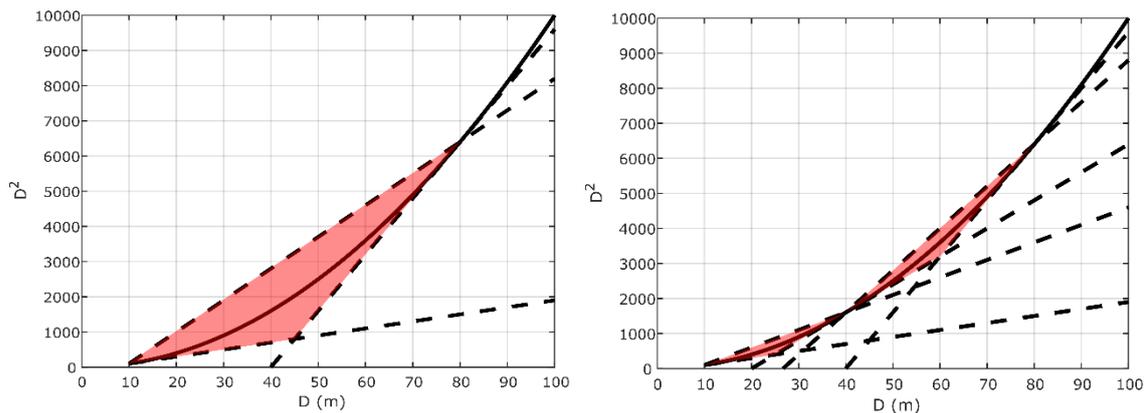


Figura 2 Linealización del término D^2 .

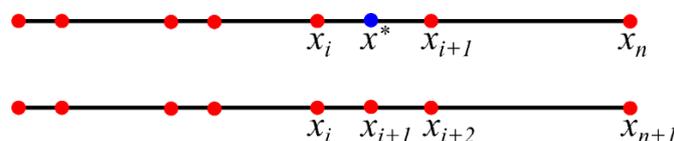


Figura 3 Actualización de los intervalos de la relajación.

Luego de linealizada la variable D_2 , el producto de la variable discreta (h) y continua (D_2) se linealiza, en primer lugar, mediante la representación de la altura a través de una suma de variables

binarias, y luego se linealiza el producto de estas variables binarias por la variable continua D_2 mediante técnicas como *BigM*.

Técnicas de linealización similares son utilizadas para las restricciones que intervienen en el diseño del dique, en el modelo reducido para la estimación de distancias de seguridad y en la función objetivo.

Otra técnica de linealización empleada se utiliza en la parte de la función objetivo correspondiente al cálculo del área potencialmente impactada (Ecuación 13). Ésta se linealiza mediante la relajación de McCormick. La disyunción que surge de la misma es reformulada mediante el *convex hull*.

3. RESULTADOS.

En este apartado se analizan los resultados obtenidos mediante la ejecución del modelo de optimización ante distintas combinaciones de los parámetros de entrada. Los parámetros de entrada aquí evaluados son: la intensidad de radiación máxima considerada en función de las unidades que se dispondrán en las inmediaciones, la sustancia a almacenarse (caracterizada a través del *HRR*), la relación entre los parámetros de costo de los tanques y el terreno, y el volumen total a almacenar.

El modelo de optimización fue ejecutado para distintos conjuntos de estos parámetros de entrada. En las Figuras 4 y 5 se observa el costo óptimo de la playa en función del impacto límite fijado para diferentes sustancias (*HRR*). Se incluyen los resultados para relaciones de costos entre los tanques y el terreno de 300 (rojo) y 800 (azul). Esta relación surge de β_1/c_{sup} , al verificarse que la disposición óptima y las dimensiones no se ven afectadas para las mismas relaciones, a pesar de la variación de los valores absolutos de estas. Esto surge a partir de que la contribución de la variación del costo del dique de contención no influye en el diseño de la playa.

Cada punto de las gráficas representa una solución óptima del modelo de optimización ante distintas combinaciones de los parámetros. Las etiquetas de estos representan el número de tanques óptimos para cada set de parámetros representados. La Figura 4 se realiza para un volumen total a almacenar de 5.000 m^3 , mientras que la Figura 5, para un volumen total de 15.000 m^3 .

Si bien los costos relativos entre los tanques y el terreno se consideran como se describió, para la ejecución del modelo de optimización y la construcción de estas gráficas se utilizó un $c_{sup}=5 \text{ USD/m}^2$, y un valor del parámetro β_1 oscilando entre 300 y 800 veces c_{sup} .

El conjunto de curvas superiores de las Figuras 4 y 5, se corresponden con la relación de costo 800 (azul), mientras que las curvas inferiores con la relación 300 (rojo). Las relaciones de costos intermedias entre estos extremos darán resultados intermedios, no sólo en el costo sino también en el número de tanques adoptados.

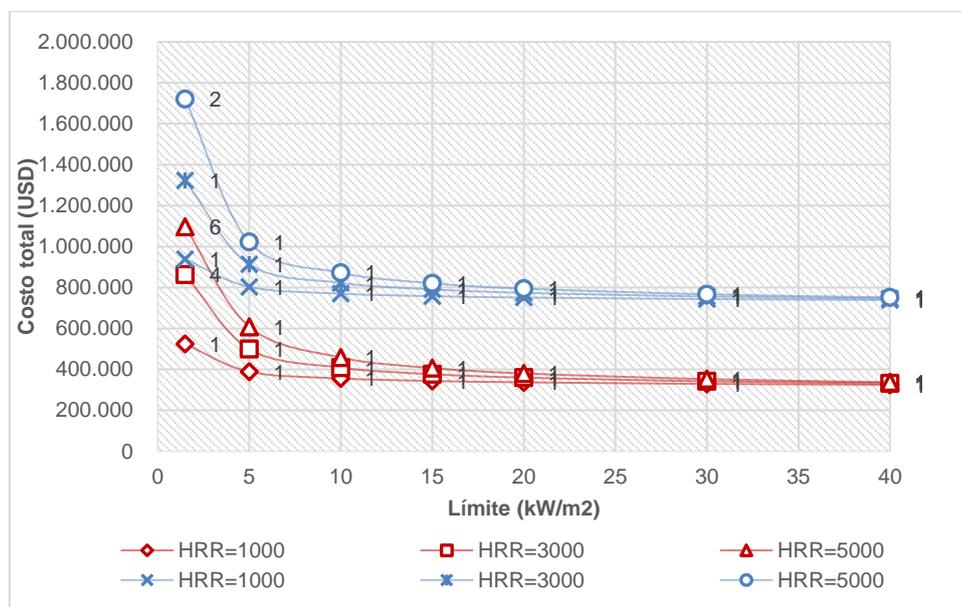


Figura 4 Costo total óptimo en función del valor límite $V_t=5.000 \text{ m}^3$

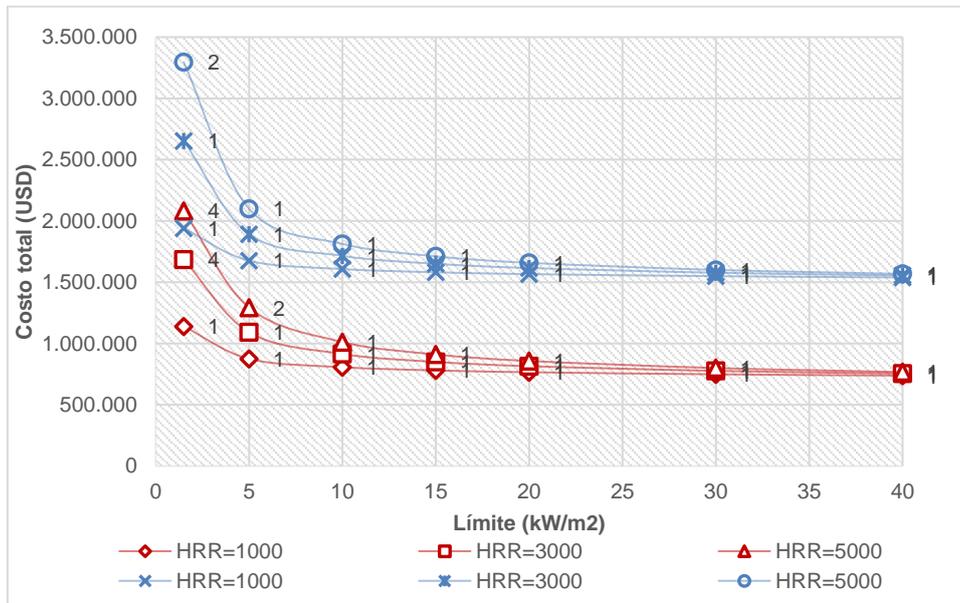


Figura 5 Costo total óptimo en función del valor límite $V=15.000\text{ m}^3$

En las figuras se puede observar que, independientemente del volumen almacenado y de la sustancia que se almacene, si el receptor soporta una radiación superior a los $5\text{-}10\text{ kW/m}^2$, entonces la alternativa óptima se constituye en la utilización de un solo tanque de almacenamiento y la disposición de una superficie suficiente (delimitada por la distancia de seguridad) para prevenir el escalamiento. Es decir, en caso de un incendio, este será de mayor magnitud, pero el incremento en la distancia hacia las demás unidades compensarán esto.

En el caso de que unidades frecuentadas por personas se encuentren en las cercanías, la división del inventario debe considerarse. En este caso, el número de tanques óptimos y sus dimensiones serán función de la sustancia almacenada y de la relación entre el costo del terreno y el parámetro de costo de los tanques.

3. CONCLUSIONES.

Un modelo que permite optimizar la síntesis y diseño de playas de tanques de sustancias inflamables, considerando el potencial impacto dado un evento de incendio de charco fue desarrollado. Este modelo se realiza considerando estándares internacionales utilizados para el diseño de los tanques y del dique de contención. Se ha evaluado el impacto que produce en las soluciones óptimas obtenidas las variaciones en los parámetros de entrada, entre ellos, el nivel de impacto establecido como límite, la sustancia que se almacena, la relación entre los parámetros de costos y el volumen total a almacenar.

Puede concluirse que el número de tanques óptimos y las dimensiones de los mismos se vuelven insensibles a los parámetros de entrada para niveles de radiación superiores a $5\text{-}10\text{ kW/m}^2$. En ese caso, la solución óptima impone la utilización de un solo tanque y la disposición de la distancia de seguridad como medida de protección pasiva. Por debajo de este valor de intensidad de radiación, el número de tanques óptimos y sus dimensiones son función del volumen total a almacenar, de la sustancia, del nivel de impacto tolerado y de la relación entre los parámetros de costos. Obviamente, mientras menor sea el costo relativo de los tanques al terreno, la solución óptima tenderá a aumentar el número de tanques en donde disponer el total del inventario. Otra de las variables a las que se vuelve sensible la solución óptima para intensidades de radiación menores a los $5\text{-}10\text{ kW/m}^2$ es al parámetro *HRR*. Es decir, si sustancias con mayor tasa de liberación de calor son almacenadas, el número de tanques en que almacenarlas aumentará. Esto es lógico, dado que un aumento en el *HRR* implica un aumento en la distancia de seguridad. El efecto en la solución óptima del aumento en el *HRR* es similar al ocasionado por una disminución en la intensidad de radiación límite.

El abordaje de este trabajo surge con el objetivo de encontrar ciertas reglas heurísticas que nos permitan desarrollar una estrategia sencilla para optimizar las variables asociadas al diseño de los tanques y del dique. En futuros trabajos, se presentarán los avances desarrollados en esta línea, con el objetivo de encontrar dicha metodología reducida para la optimización de playas de tanques. Por otro lado, en futuros trabajos se considerarán árboles de eventos más complejos, involucrando distintos eventos accidentales (VCE, BLEVEs, entre otros).

Es necesario enfatizar que las decisiones que se tomen en las etapas de síntesis del proceso, o del almacenamiento, tendrán un impacto no sólo en el riesgo, sino también en los costos asociados al posterior diseño u optimización del *layout*. Considerando esto, resulta imprescindible

el desarrollo de estrategias para la optimización de variables vinculadas a etapas tempranas, considerando el impacto en etapas posteriores.

4. REFERENCIAS.

- [1] Tugnoli, A., Cozzani, V., & Landucci, G. (2007). A consequence-based approach to the quantitative assessment of inherent safety. *AIChE Journal*, 53, 3171–3182.
- [2] Tugnoli, A., Landucci, G., Salzano, E., & Cozzani, V. (2012). Supporting the selection of process and plant design options by Inherent Safety KPIs. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25, 830–842.
- [3] Khan, F. I., & Amyotte, P. R. (2004). Integrated inherent safety index (I2SI): A tool for inherent safety evaluation. *Process Safety Progress*, 23(2), 136–148.
- [4] Cozzani, V., Gubinelli, G., & Salzano, E. (2006). Escalation thresholds in the assessment of domino accidental events. *Journal of Hazardous Materials*, 129, 1–21.
- [5] European Commission. (2008). Regulation (EC) no 1272/2008 of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006.
- [6] Vilchez, J. A., Espejo, V., & Casal, J. (2011). Generic event trees and probabilities for the release of different types of hazardous materials. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24, 281–287.
- [7] Casal, J. (2008). *Evaluation of the effects and consequences of major accidents in industrial plants* (1st ed). Elsevier.
- [8] Vipin, Pandey, S. K., Tauseef, S. M., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2018). Pool Fires in Chemical Process Industries: Occurrence, Mechanism, Management. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 18(5), 1224–1261.
- [9] Sengupta, A. (2019). Optimal Safe Layout of Fuel Storage Tanks Exposed to Pool Fire: One Dimensional Deterministic Modelling Approach. *Fire Technology*, 55(5), 1771–1799.
- [10] Bernechea, E. J. (2013). Design optimization of storage terminals through the application of QRA. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- [11] API Standard 650. (2007). *Welded Tanks for Oil Storage*.
- [12] Secretaría de Energía y Combustibles. Ley no 13.660. Decreto no 10.877/60. Seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos.
- [13] NFPA 30 Standard. (1977). *National Fire Protection Association. Flammable and Combustible Liquids Code*, Quincy, MA.
- [14] Balas, E. (1998). Disjunctive programming: Properties of the convex hull of feasible points. *Discrete Applied Mathematics*, 89(1–3), 3–44.
- [15] Grossmann, I. E. (2003). Generalized Convex Disjunctive Programming: Nonlinear Convex Hull Relaxation. *Computational Optimization and Applications*, 26, 83–100.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional por el apoyo económico.

Herramientas para la Aplicación de la Mejora Continua en PYMES

López, Ana María; Cavacini, Antonella;
Rodríguez, Roberto; Papalia, Martín; Sacco, Alfonso.

Facultad Ingeniería, Universidad del Salvador.

Direcciones de mail de autores: inganamarialopez@gmail.com, antonella.cavaccini@usal.edu.ar, robertoraulrodriguez@yahoo.com.ar, martinlp1@hotmail.com; alsacco@usal.edu.ar;

RESUMEN

En base a la participación del Equipo de Investigación en Proyectos anteriores, patrocinados por la Universidad del Salvador (USAL), relacionados con “Modelos de Excelencia en las Organizaciones”; “Gestión de Riesgos para la Calidad”, “Herramientas Utilizadas en la Gestión”; “Costos de No Calidad”; y los “Sistemas de Gestión de la Calidad en PyMEs en Argentina”, nos ha permitido corroborar que tanto las herramientas de gestión de la calidad como las técnicas de medición de los costos de no calidad son poco utilizadas en empresas medianas y pequeñas.

Es por ello que este trabajo, iniciado en marzo de 2021, propone el desarrollo de un ciclo de investigación para generar material didáctico y herramientas informáticas simples que puedan ser brindadas no sólo a los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial de la USAL, sino que además generen oportunidades de transferencia a PyMEs, ya sean industriales o de servicios, que les permitan reducir sus costos ocultos, mejorar la eficiencia y aumentar la competitividad.

Basado en las investigaciones propias antedichas, en la bibliografía y proyectos similares realizados en Inglaterra y Australia, India, Malasia, Nueva Zelanda y USA, es que luego del análisis proponemos trabajar con la metodología Lean Six Sigma (LSS).

Estudios realizados por el Dr. Jiju Antony en la Universidad de Strathclyde, Glasgow, UK., determinan los Factores Críticos de Éxito (CSF) para la implementación de esta metodología. Estos fueron confirmados por el doctor Todd Myers de Ohio University en su seminario dictado en Argentina. El método de las 5 Fases ó lo que podríamos llamar Enfoque Paso a Paso para organizaciones con recursos limitados.

Esta investigación busca confirmar la importancia de esos CSF y persigue desarrollar una metodología simple de aplicación gradual para facilitar la implementación de Lean Six Sigma adaptado a nuestra realidad de una PyME.

Palabras Claves: Lean Six Sigma (LSS), Factores Clave de Éxito (CSF), Mejora Continua (CI), Herramientas para la Implementación LSS, PyMEs.

ABSTRACT

Based on the participation of the Research Team in previous Projects, sponsored by the Universidad del Salvador (USAL), related to “Models of Excellence in Organizations”; “Risk Management for Quality”, “Tools Used in Management”; “Non-Quality Costs”; and the “Quality Management Systems in SMEs in Argentina”, has allowed us to corroborate that both quality management tools and non-quality cost measurement techniques are little used in medium and small companies.

That is why this work, started in March 2021, proposes the development of a research cycle to generate didactic material and simple computer tools that can be provided not only to students of the USAL Industrial Engineering career, but in addition, they generate transfer opportunities to SMEs, whether industrial or services, that allow them to reduce their hidden costs, improve efficiency and increase competitiveness.

Based on the above-mentioned own research, literature and similar projects in England and Australia, India, Malaysia, New Zealand and the USA; is that after the analysis we propose to work with the Lean Six Sigma (LSS) methodology.

Studies carried out by Dr. Jiju Antony at the University of Strathclyde, Glasgow, UK, determine the Critical Success Factors (CSF) for the implementation of this methodology. These were confirmed by Dr. Todd Myers of Ohio University in his seminar in Argentina. The 5 Phase method or what we could call a Step-by-Step Approach for organizations with limited resources.

This research seeks to confirm the importance of these CSFs and seeks to develop a simple methodology of gradual application to facilitate the implementation of Lean Six Sigma adapted to our SME reality.

Keywords: Lean Six Sigma (LSS), Critical Success Factors (CSF), Continuous Improvement (CI), Tools for LSS Implementation, SMEs.

1. INTRODUCCIÓN

La globalización y los cambios económicos imponen desafíos a las empresas para lograr su permanencia en el mercado. En el caso particular de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) argentinas, este desafío se potencia.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Salvador a través de la de la Carrera de Ingeniería Industrial mantiene una línea de Investigación relacionada con la Mejora Continua y la Gestión de la Calidad, siendo el objetivo de la presente investigación analizar la implementación de las herramientas recomendadas por la literatura para el logro de resultados en el desempeño de los sistemas de calidad, que puedan ser aplicadas en forma gradual y sencilla a nuestra realidad productiva de bienes y servicios en PyMEs.

El propósito de esta investigación es estudiar y confirmar, en el ámbito local, los Factores Críticos de Éxito (CSF – Critical Success Factors) para una implementación exitosa que propone la literatura y se compararán estos factores con estudios realizados en otros países, como Australia, India, Malasia, Nueva Zelanda, USA y UK.

Como resultado adicional, se busca presentar un modelo de implementación de Lean Six Sigma para PyMEs basado en herramientas de simple aplicación con soporte informático accesible, que elimine prejuicios, aclare dudas y se centre sobre los beneficios generales que han de obtener las partes interesadas.

1.1. Motivación de la Investigación

En base a los resultados de las investigaciones previamente indicadas, se observó que las PyMEs en Argentina poseen un bajo nivel de aplicación de herramientas de gestión y tecnológicas, limitando su desarrollo y potencial. Se encontró que el nivel es más bajo aun en empresas de servicios.

El fin de este proyecto es identificar los factores de éxito de Lean Seis Sigma, estudiando la bibliografía, los casos sobre las empresas grandes, y en base a ellos ofrecer una guía que asegure un abordaje sistemático para el despliegue de la metodología en las pequeñas y medianas empresas.

La metodología debe permitir:

- Hacer un análisis de riesgos y una correcta definición de alcances y roles.
- Asegurar una correcta selección y un despliegue de los proyectos.
- Brindar herramientas de fácil uso y comprensión en una PyME.
- Generar documentación que asegure la correcta implementación de la metodología.
- Asegurar la sustentabilidad en el tiempo.

Este tema ha sido estudiado en otros países, y por esto es que se adjunta la referencia bibliográfica al final de este Trabajo. En general, se aprecia la dificultad por parte de las PyMEs de encarar en forma consistente y sustentable un programa de mejoras que les permita gestionar el negocio a costos decrecientes con la sinergia de la eliminación de desperdicios y la mejora del resultado de los procesos, reduciendo y evitando defectos, errores y retrabajos.

En la Argentina, las micro, pequeñas y medianas empresas toman el 78% del empleo, el 67% del valor agregado y el 40% del PBI, y no se puede considerar a las PyMEs como pequeñas grandes empresas para la implementación de los profundos cambios que impone la competencia global. Los modelos actuales son diseñados por grandes empresas para grandes empresas, para los cual debemos encontrar los CSF que garanticen el éxito en la aplicación de LSS al ámbito PyME.

1.2. Objetivo General de la Investigación

Identificar un paquete básico de herramientas, que bajo la filosofía del Lean Six Sigma admita una implementación gradual y flexible de sus conceptos, que permitan mejorar en forma evidente tanto el desempeño como la capacidad de los procesos de valor de las PyMEs.

1.3. Objetivos Específicos de la investigación

- Evaluar las herramientas disponibles en la bibliografía, y los casos de estudio publicados, junto a su aplicación.
- Desarrollar una metodología de aplicación e implementación en forma práctica para las PyMEs nacionales, aplicando los factores de éxito estudiados.
- Desarrollar una metodología de capacitación aplicada en forma práctica y con una implementación sistémica de dichas herramientas para propender al desarrollo autónomo de habilidades que mejoren la competitividad del proceso productivo. Ese desarrollo autónomo consiste en la generación de inquietudes que permitan el autoaprendizaje y la incorporación de nuevos conocimientos y recursos.
- Desarrollar lecciones aprendidas en la presente Investigación que serán recomendadas para su incorporación en los programas de las asignaturas relacionadas con la Gestión de la Calidad de las carreras que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la USAL.
- Evaluar la contribución de Lean Six Sigma para el logro de las certificaciones ISO: 9001, 14001, 22001, 50001, entre otras.

1.4. Secuencia y Proceso de la investigación

- 1ra Etapa (Objeto de la presente Publicación): Estudiar y confirmar los factores críticos de éxito (CSF) para el logro de una implementación exitosa de Lean Six Sigma.
- Se analizarán los factores identificados en la literatura, tanto de la industria manufacturera como de la industria de servicios. Se comparará la aplicación de estos factores bajo nuestra realidad y cultura con estudios realizados en otros países, como Australia, Holanda, India, Malasia, Nueva Zelanda, USA y UK.
- 2da Etapa: Desarrollar una metodología simple, con uso de herramientas informáticas de acceso libre para que esos conocimientos sean incorporados a la currícula de la cátedra de Gestión de la Calidad de carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de USAL, y asimismo promover el Programa de Extensión Universitaria que lleva adelante la USAL mediante capacitación, asistencia y/o asesoramiento a distintas entidades y sectores de la sociedad con especial interés en el ámbito de las PyMEs.

1.5. Descripción y Enfoque del Modelo

La revisión de la literatura disponible sobre el tema refleja casos de empresas que han sido pioneras en la aplicación de metodologías de Gestión de la Calidad. Es el caso de Toyota en la aplicación de Lean a su sistema de producción que se constituye aún hoy en el atributo clave de sus operaciones para mejorar continuamente sus productos y servicios con foco en el cliente.

También se resalta a Motorola como empresa líder en la aplicación de Six Sigma a sus procesos. Gran parte de la documentación sobre esta metodología se refiere concretamente al uso del modelo Six Sigma basado en la secuencia DMAIC: Definir – Medir - Analizar – Mejorar – Controlar ².

Con respecto a la fusión de Lean con Six Sigma (LSS) se deduce de la revisión de publicaciones existentes que su aplicación se encuentra en una etapa primaria, básica. Se aprecia una escasez de investigaciones experimentales que validen la fusión y que establezcan una metodología de implementación que incluya los distintos tamaños y tipos de empresas.

Se advierte un debate sobre las posibles dificultades de LSS para facilitar innovaciones disruptivas en las organizaciones. Muchos artículos vinculan su aplicación con la herramienta conocida como VSM (Value Stream Mapping - Mapa del Flujo de Valor). Otras publicaciones relacionan LSS con TQM (Total Quality Management - Gestión Total de la Calidad), JIT (Just In Time – Justo a Tiempo), BPR (Business Process Reengineering – Reingeniería de Procesos), QM (Quality Management – Gestión de la Calidad), Mejora continua y Normativa ISO.

También, a partir de 2008, se encuentran publicaciones que vinculan LSS con prácticas de creación de Conocimiento Organizacional, Knowledge Management, Teoría Grey System y Dynamic Capability y otras de las relacionadas con la gestión de los activos intangibles de la Organización.

En cuanto a los sectores industriales de aplicación, Manufactura (automotriz) es el área con más desarrollo en la disciplina y se observan cada vez más aplicaciones en el sector Servicios, donde abundan las publicaciones sobre el sector Salud, y en menor grado, los sectores Gobierno y Educación.

El análisis de la literatura disponible por área geográfica destaca a USA en primer lugar, y con menor difusión UK, India y Europa. Los autores destacados y sus publicaciones son Antony y Kumar [1,2]; Shah, Chandrasekaran y Linderman [3]; y Shamsi y Alam [4], entre otros.

En cuanto a las Universidades como fuentes generadoras de artículos, se destacan instituciones de UK, USA, India, Holanda y Australia.

Se observa que uno de los objetivos de estos trabajos de investigación sobre literatura disponible es identificar los Critical Success Factors (CSFs) [5] y también los Critical Failure Factors (CFFs). Entre estos últimos se mencionan las faltas de: Compromiso de la Dirección, Alineamiento, Entrenamiento, Foco en el Cliente, Liderazgo, Comunicación y una ineficiente selección del proyecto.

Otros trabajos de investigación sobre la literatura existente acerca de la utilización de LSS en el sector Servicios, específicamente, confirman que las áreas de mayor aplicación son Salud, Educación y Finanzas. Y sugieren a Logística y Posventa como áreas de mayor preferencia para investigaciones futuras, B. Singh D Sight and, H. Sodhi (2019) [6]; Muraliraj et. Al (2014) [7]; S.Ahmed, N.H Manafm and R. Islam (2013) [8]

Asimismo, se afirma también la necesidad de compatibilizar LSS [9,10] con otras prácticas de QM, validar sinergias entre LSS y las prácticas de innovación disruptiva y definir kits (metodologías y herramientas específicas) para su implementación.

Cada subsector de la industria de Servicios merece una investigación aparte, pero se confía en que LSS puede ser un disparador de la mejora continua en cualquier organización de Servicios [11,12].

Tampoco se encuentra información de investigación sobre los impactos de LSS en la Competitividad y el Market Share (Cuota de Mercado) de las organizaciones de Servicios.

Se advierten recomendaciones para encarar las futuras investigaciones desde una perspectiva de “Systems thinking” (Pensamiento Sistémico) y hacer foco en la relación entre los mundos académico y profesional.

Otra revisión de la literatura disponible sobre trabajos de investigación dedicados a estudiar las barreras de la implementación de LSS en la industria de TI [4], refleja como principales obstáculos el escaso tiempo de dedicación al proyecto, las dificultades en la recolección de datos, la definición del alcance y los abandonos en la mitad de los proyectos. Cabe aclarar que estas conclusiones surgen de experiencias realizadas en organizaciones pequeñas.

Se vuelve necesario continuar investigando sobre una variedad más amplia de organizaciones usuarias de servicios de TI para ampliar la base de datos.

Se deduce que los futuros trabajos de investigación [13] en este sector debieran focalizarse en el desarrollo de estrategias de implementación de LSS que utilicen herramientas tales como BSC (Balanced Score Card - Cuadro de Mando Integral), FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos) QFD (Quality Function Deployment– Despliegue de la Función Calidad ó Casa de la Calidad).

Las reseñas históricas de Lean Six Sigma y TQM indican que los proyectos se debieran focalizar primariamente en la satisfacción del cliente y en un cambio cultural organizacional, como oposición a la implementación de mejoras en la línea de base [1].

Se observa que el resultado exitoso de casos de LSS en servicios financieros se ha basado en la configuración y aplicación de factores clave desde su introducción.

A pesar que se encontró muy limitada la publicación de LSS relacionada a casos de aplicación en PyMEs, se observa un estudio de caso en que se analizaron comparativamente 4 compañías PyME en el Reino Unido, dos que utilizan LSS y dos que lo aplican. Sus resultados indican que las empresas que lo aplican realizaron una mejora significativa en la performance operacional (scrap, rendimiento, tiempo de ciclo, entregas a tiempo), así como en métricas estratégicas (ventas, margen de ganancias, satisfacción de cliente, etc.).

Otra publicación destaca que el paradigma de Lean, en PyMEs, se basa en fuerte compromiso de liderazgo, fuerte capacidad financiera, habilidades mejoradas, experiencia del personal y cultura organizacional conductiva.

Otro estudio detalla los elementos de éxito en el lanzamiento de una iniciativa Six Sigma en PyMEs y sus desafíos claves.

Como futuro de LSS la bibliografía destaca los siguientes temas [1-13]: tendencias emergentes, la necesidad de mejora aplicando mejores métodos, mayor uso del pensamiento estratégico, la estrategia de mejora y metodología holística, los proyectos críticos, tomar ventaja de big data, la sustentabilidad, la variación humana y la integración de LSS en los sistemas educativos.

Se evaluaron aprox. 300 publicaciones de Lean Manufacturing en PyMEs, identificándolos como Lean Implementación o Barreras Lean, y casi 90 publicaciones identificadas con Lean y PyMEs.

Se apunta que los impedimentos actuales para el desarrollo y adopción total de la metodología LSS se pueden clasificar en tres categorías que indefectiblemente aparecen durante la implementación en PyMEs: Barreras de Gerenciamiento y Técnicas, Barreras Económicas, y Barreras Sociales.

2. DESARROLLO

2.1. Hipótesis Adoptadas

La principal hipótesis se basa en corroborar que las herramientas utilizadas en casos de éxito estudiados en otros países son aplicables a las PyMEs nacionales.

Lean Six Sigma (LSS) como método de trabajo en equipo colaborativo puede ser empleado para mejorar la productividad y reducir la variación de procesos en una típica PyME argentina, mediante la adopción de herramientas de fácil uso y comprensión y ser sustentable en el tiempo por medio de una adecuada valoración de la relación costo / beneficio que conlleva su adopción.

Siendo el desafío encontrar los Factores Críticos de Éxito (CSF) y una metodología que permita implementarlas en las PyMEs.

Una 2da hipótesis se basa en que las empresas grandes multinacionales que usan Lean Seis Sigma aplican exitosamente el mismo conjunto de herramientas globales.

Y una 3ra hipótesis se basa en que las PyMEs utilizarían la metodología si las herramientas fueran accesibles, de bajo costo y de incorporación gradual.

2.2. Metodología

- Etapa 1 (Objeto de la presente Publicación): Consiste en la profundización bibliográfica, para identificar los Factores Clave de Éxito (CSF) que consiste en el planeamiento, conducción, categorización y compilación de la reseña. Para luego mediante el empleo de herramientas de selección tipo AHP (Analytic Hierarchy Process), o PROMETHEE, poder identificar aquellos CSF de mayor incidencia en la adopción del esquema de Mejora Continua (CI) basado en LSS.

El propósito de esta Etapa del estudio es verificar que las compañías que implementaron Lean Six Sigma reconocen el mismo conjunto de CSF individualizados en la literatura y cuáles considerarían más importantes para el Caso PyME en Argentina.

- Etapa 2: Consiste en tomar los CSF seleccionados como más relevantes, e identificar herramientas a aplicar que mejor contribuyan a su desarrollo, las que deberán ser aplicadas en función del Mapa de Flujo de Valor (VSM) resultante para cada actividad o negocio en particular.

Luego se describirá el proceso de operacionalizar dichas herramientas mediante la adopción de instrumentos informáticos basados en software accesible y de uso difundido.

2.3. Excelencia Operacional - Introducción a LSS

Richard Chua – Profesor y Entrenador de Lean Six Sigma expresa que para lograr la excelencia operacional las organizaciones necesitan tener procesos que sean efectivos y eficientes con el objeto de maximizar el valor al cliente. Los procesos deben ser bien diseñados, con capacidad y consistencia, donde la gente que realiza el trabajo se encuentre capacitada y entiende qué es lo importante, qué es lo que tiene que hacer, cuándo deben tomar una acción concreta y qué tipo de acción tomar.

De suma importancia es que la gente tenga la autoridad necesaria sobre el proceso, ser responsables y poder rendir cuentas de lo que les fuera encomendado. Las organizaciones también deben contar con las herramientas y técnicas para diseñar, mejorar y controlar cualquier proceso, producto o servicio.

Para introducir la metodología aplicativa de LSS se hace necesario disponer del compromiso del Equipo de Alta dirección de la organización, el que debe invertir tiempo y asignar recursos para implementar el cambio, que incluye en principio: Reconocer la necesidad de cambio, Ejercer un liderazgo eficaz, Establecer las responsabilidades y Capacitar a las personas.

Para identificar los CFS que hacen posible lograr la Excelencia Operacional mediante la aplicación de LSS, primero debemos explicar brevemente los conceptos Lean Manufacturing y de Six Sigma, y cómo su conjunción potencia el resultado de la gestión.

2.3.1. Concepto Lean Manufacturing – Manufactura Esbelta

Lean Manufacturing es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que, aplicado de forma sistemática, busca la mejora continua a través de minimizar el desperdicio, considerado este último como toda actividad que No agrega valor. La génesis de su desarrollo se puede ubicar, entonces, en el pionero y más emblemático caso de implementación que se dio en Toyota Motor Corporation.

Su concepto esencial se basa en reducir todo gasto, es decir toda erogación que forma parte del costo, y no agrega valor al proceso productivo. Para ello se identifican las fuentes originadoras de gastos llamados “Los 8 Desperdicios de Lean Manufacturing”, los cuales se trata de reducir en forma progresiva y constante, ellos son:

- ✓ **Sobreproducción:** Eliminar la constante de hacer más producción antes de que el cliente lo pida. Evitar hacer inventarios o de dar continuidad a la producción por costumbre ó por las dudas.
- ✓ **Tiempo de espera:** Eliminar los periodos de tiempo con inactividad en un proceso de producción ya sea de bienes o servicios.
- ✓ **Transporte:** Evitar hacer movimientos de materiales que no fueron requeridos por la operación normal definida como la más eficiente.
- ✓ **Sobreprocesos:** Erradicar procesos innecesarios que no se revisan y no se optimizan. Una tarea concreta es innecesaria cuando no afecta a la calidad del producto o servicio.
- ✓ **Inventario:** Reducir Inventario lo máximo posible, evitar obsolescencia de productos almacenados.
- ✓ **Movimientos:** Evitar los movimientos innecesarios de máquinas y personas. Buscar la mejor ergonomía sin afectar la seguridad y la calidad.
- ✓ **Defectos:** Prevenir la aparición de defectos de producción y de errores de servicio, ya que su aparición no sólo no aporta valor, sino que generan un gasto evitable. La exigencia de prevención, en este punto, debe ser máxima y constante a lo largo de toda la cadena de valor.
- ✓ **Conocimiento no utilizado:** Evitar el desaprovechamiento del talento de las personas. Cuando no se utiliza el conocimiento, la creatividad y la inteligencia de la gente a cargo, se incurre en un gasto que quita competitividad a la empresa y resta oportunidades de realización e identificación a las personas

El entorno de la aplicación de Lean ó Manufactura Esbelta comienza con una la disciplina cultural denominada “5-S”, que representan la primera letra (en idioma japonés) de las 5 acciones a encarar para sostener las bases de cualquier programa de mejora, a saber:

- ✓ **Organización (Seiei):** Sólo se debe tener a mano lo que se necesita para el proceso; el resto se elimina, lo que facilita ver el proceso desnudo en su estado puro sin interferencias.
- ✓ **Orden (Seiton):** Todo debe tener su lugar, y debe existir un lugar para todo, ello facilita su recuperación y uso inmediato.
- ✓ **Limpieza (seiso):** Manteniendo el lugar de trabajo limpio, impecable y brillante; se puede encarar cualquier proceso de mejora, de lo contrario sería imposible.
- ✓ **Estandarización (Seitetsu):** Eliminar diversidad y normalizar materiales, máquinas y procedimientos. Es la condición que se logra cuando se han encarado los tres primeros.
- ✓ **Disciplina (Shitsuke):** La conducta y el hábito deben convertirse en la disciplina que genera la fuerza para impulsar y sostener los procedimientos a diario.

Para evaluar la potencialidad de un Proyecto Lean, hay puntos relevantes que se deben considerar:

- ✓ Las mejoras incrementales son mejores que ninguna mejora. El proceso de Mejora Continua se basa en la recurrencia del método.
- ✓ El problema a resolver se puede desagregar en subproblemas, para los cuales las soluciones pueden ser independientes. Con lo cual, se pueden aplicar soluciones parciales para el problema general, pero completas para el problema particular. Esto puede ser mayormente debido a la escasez de recursos o a la prioridad asignada dentro del conjunto de prioridades establecidas a nivel organizacional.
- ✓ Todo proceso ya fue mejorado con anterioridad puede ser susceptible a nuevas mejoras, ya que los avances tecnológicos generan nuevas oportunidades de mejoras.
- ✓ La cultura y herramientas Lean deben utilizarse para crear continuar creando capacidad, aun en un ambiente de reducción de defectos por unidades producidas.
- ✓ Existe una gama importante de herramientas para aplicación de Lean, eligiendo la herramienta adecuada se pueden resolver una amplia variedad de problemas operativos que afectan o pueden afectar la entrega del producto al cliente, para reducir los costos operacionales o incluso mejoras en el ambiente y la capacitación de los empleados.

2.3.2. Concepto Six Sigma (Seis Sigma) – Procesos Esbeltos

Six Sigma o Seis Sigma (termino traducido al español) es una metodología de gestión de la calidad que se utiliza para ayudar a las empresas a mejorar los procesos, productos o servicios actuales y potenciales mediante el descubrimiento y la eliminación de defectos. Fundamentándose en la calidad desde la fuente (Quality at the Source) o calidad en el diseño (Quality by Design). El objetivo es agilizar el control de calidad en los procesos de fabricación o comerciales para que tengan la menor variabilidad posible en todo momento.

Es una metodología que busca atacar la raíz del problema, dando una solución preventiva y proactiva, y no una solución que -por el contrario- sea de forma reactiva o correctiva, teniendo al cliente como epicentro del foco del problema a resolver, proveyendo una solución que satisfaga sus necesidades.

La metodología del esquema de control de la variabilidad de los procesos Six Sigma para productos y servicios en producción, se funda en un esquema de 5 Fases consecutivas y recurrentes que se denomina DMAIC, donde cada letra representa la inicial de cada una de esas 5 Fases que se detallan a continuación:

- ✓ **Definir (Define):** Cuál es el problema o la restricción. Quién es el cliente y qué quiere. Cuáles son los requisitos del proyecto. Cuáles son los objetivos y expectativas del cliente. **1ro Definir el tema**
- ✓ **Medir (Measure):** El desempeño del proceso actual mediante un plan de recopilación de datos para determinar defectos (frecuencia oportunidad, impacto, etc.), que surgen como consecuencia de una variabilidad del proceso. **2do Medir lo que se ha Definido.**
- ✓ **Analizar (Analyze):** El proceso actual para establecer la causa raíz de las variaciones de proceso (Root Cause Analysis – RCA) que producen defectos y establecer el “remedio” para eliminarlas. **3ro Efectuar Diagnóstico y Tratamiento**
- ✓ **Mejorar (Improve):** El proceso eliminando las causas fundamentales de los defectos mediante soluciones innovadoras. En esta etapa se implementan las acciones para reducir la variabilidad de los procesos. **4to Aplicar el Remedio Resultante**
- ✓ **Controlar (Control):** El nuevo proceso asegurando que se hubiera alcanzado la reducción planeada de la variabilidad y que se mantenga en el tiempo, evitando caer en los viejos hábitos. **5to Controlar los Resultados Alcanzados**

En la metodología Proyecto Six Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Están las clásicas ó convencionales como las 7 Herramientas de Calidad (Diagrama Causa-Efecto ó de Ishikawa, Hoja de Verificación o Comprobación, Gráfica de Control, Histograma, Diagrama de Pareto ó 80/20, Diagrama de Dispersión y el Muestreo Estratificado), que se emplean para la obtener y analizar datos. Y están las herramientas estadísticas, más específicas de estos proyectos, entre ellas cabe citar los estudios de Capacidad del Proceso, análisis ANOVA (ANalysis Of VAriance – Análisis de Variabilidad), Contraste de Hipótesis, y DOE (Design Of Experiments - Diseño de Experimentos).

Estas herramientas estadísticas hace unos años estaban solamente al alcance de especialistas. Hoy, son accesibles a personas sin grandes conocimientos de estadística. La disponibilidad de aplicaciones informáticas sencillas y rápidas, tanto para el procesamiento de datos como para los cálculos necesarios para su análisis y explotación, permiten utilizarlas con facilidad y soltura. Esto facilita la concentración de los esfuerzos de las personas en la interpretación de los resultados, y no en la realización de los complejos cálculos que antes eran necesarios.

2.3.3. Conjunción Lean Manufacturing y Six Sigma en LSS

Los profesionales de todo el mundo se han dado cuenta de que las dos metodologías, Lean y Six Sigma, se complementan y potencian entre sí y, cuando se utilizan juntas, producen un efecto sinérgico inigualable. Lean Six Sigma (LSS), como un sistema integrado para la gestión de proyectos, es la última generación de enfoques de mejora.

LSS es una metodología orientada para la mejora de procesos, con el propósito de aumentar la rentabilidad y productividad de los mismos.

En LSS, el objetivo son las personas y los procesos de trabajo que ellas crean para lograr transformar entradas en salidas de valor agregado con el objeto de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

Mediante la aplicación de la técnica Lean Manufacturing se eliminan desperdicios, dando énfasis al agregado de valor, disminuyendo actividades innecesarias y reduciendo costos. No es más que la aplicación del Sentido Común a las actividades propias del negocio, dando como resultado lo que se conoce como “Producción Esbelta”.

Por otro lado, con la aplicación de la técnica Six Sigma se logran estabilizar los procesos, obteniendo resultados con menor variabilidad, lo que implica mayor aceptación y menores costos. No es más que la aplicación de técnicas registrales y de verificación con soporte matemático denominado genéricamente como Control Estadístico de Procesos, dando como resultado lo que llamamos “Procesos Esbeltos”.

El secreto, entonces es, eliminar todo lo innecesario que no agrega valor y alcanzar resultados con baja variabilidad. Es decir que el objetivo a alcanzar es: Ejecutar procesos con un desperdicio mínimo a una capacidad constante.

Dado la complejidad que entraña para el sector de la PyME comenzar con la aplicación simultánea de ambos esquemas, fundado en general en razones culturales y de asignación de recursos, que podemos sintetizar en el “siempre lo hicimos así”, es que la aplicación gradual sería recomendada, con una precedencia variable en el orden de aplicación de las herramientas para mejorar el desempeño, los costos o la calidad.

Si el problema está relacionado con la reducción del tiempo de entrega o el aumento de la productividad, primero se debe implementar Lean, para eliminar todas la tareas y acciones que no agregan valor; y luego, los problemas más complejos como la variabilidad de los resultados de las salidas de los procesos, se pueden resolver mediante la aplicación posterior de las herramientas Six Sigma.

Si el problema está en la poca garantía de cumplimiento que tiene la salida de algún proceso, habrá que comenzar por mejorar la Capacidad de Proceso para llevarlo a cumplir el Límite de las Especificaciones y entonces habrá que comenzar implementando alguna herramienta Six Sigma, para luego concentrarnos en la aplicación del instrumento Lean de reducción de desperdicios y aumento de la eficiencia.

2.4. Identificación de los Factores Críticos de Éxito (CSF) para implementar LSS

En función de la bibliografía revisada y teniendo en cuenta los estudios de caso analizados, podemos afirmar que la adecuación de la organización para implementar el proceso de cambio cultural que conlleva incorporar la metodología de gestión de procesos LSS, debe incluir: - Liderazgo Comprometido con el cambio, -Establecer adecuados formatos para medir y controlar el desempeño, y - Gestionar con enfoque en los RRHH.

Al mismo tiempo que se implementa la metodología LSS, se debe disponer de un paquete de herramientas aplicativas básicas, que convenientemente utilizadas sirvan de soporte para llevar adelante el tradicional Proceso de Mejora Continua de la Calidad llamado Ciclo Deming, PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), nombrándose a continuación sólo alguna de ellas: VOC (Voice of Client - Escuchar la Voz del Cliente), Process Map (Diagrama de Proceso), Diagrama de Flujo, QFD (Quality Function Deployment – Despliegue de la Función Calidad/Casa de Calidad), QRM (Quick

Response Manufacturing - Manufactura de Respuesta Rápida) - SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customer / Proveedor-Ingresos-Proceso-Salidas-Cliente), Kanban, Bench-marking (Comparar Indicadores Clave con otros del negocio), BSC (Balanced Score Card / Cuadro de Mando Integral) – COPQ (Cost of Poor Quality / Costo de la Mala Calidad) - RTY (Rolled Through Yield / Rendimiento Acumulado del Proceso), Cpk (Índice de la Capacidad del Proceso - TPS (Toyota Production System / Sistema de Producción Integral), JIT (Just In Time / Justo a Tiempo), Grafica Pareto (Regla 80/20), Gráficos de Control – KPI (Key Performance Indicator – Indicadores Clave de Rendimiento), AMFE/FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos), Análisis de la Causa Raíz (Root Cause Analysis), Análisis de Campo de Fuerza (Force Field Diagrams) - Metodología de superficie de respuesta (Response surface methodology), entre otras.

En cuanto al entusiasmo inicial, que viene dado por la creencia de la pronta recuperación financiera de los proyectos LSS, lo que atrae a muchas empresas a embarcarse en su viaje de ida, se destaca que se debe considerar cuidadosamente el proceso de implementación para garantizar la sostenibilidad y los beneficios a largo plazo de la iniciativa. Para no caer rápidamente en el descrédito y abandono de la metodología, que se observa principalmente en el sector PyME.

Para apoyar la sostenibilidad del Proyecto se ha estudiado la aplicación de una Hoja de Ruta o Guía (Roadmap) que concatena los Factores Críticos de Éxito (CSF) que han sido identificados a través de la literatura en la materia y la experiencia acumulada en la aplicación de LSS en sector PyME.

Las PyMEs deben seguir un recorrido sólido con una secuencia de implementación “Paso a Paso” de la metodología LSS, todo ello a los efectos de ver reflejado el resultado de los esfuerzos que se realicen por mejorar y mantener altos estándares de calidad, secuencia que convenientemente adoptada les permitirá aumentar las probabilidades de éxito en la adopción e implementación del Programa.

2.5. Modelo de las 5 Fases para implementar LSS es el sector PyME

El modelo propuesto prevé la implementación gradual de LSS Sigma en 5 Fases secuenciales y dependientes, basado en la ejecución progresiva de Proyectos que puedan validar los resultados de su aplicación en forma evidente, ver Figura 1.

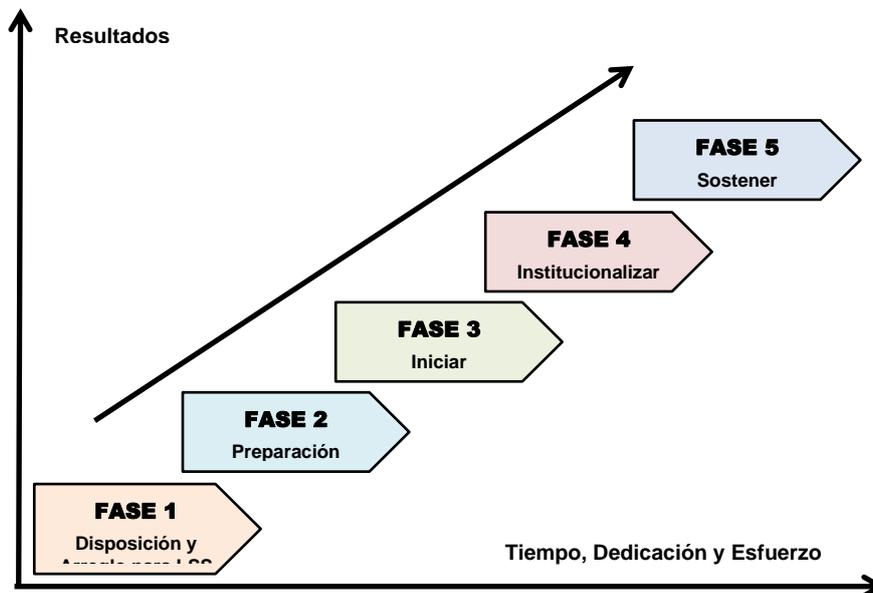


Figura 1 Esquema del Modelo de las 5 Fases para Implementar LSS en PyMEs.

Se propone la iniciación mediante la implementación de un Proyecto Piloto, identificando, seleccionando y motivando a los empleados más talentosos para que sean parte del cambio. Este Proyecto debe ser sencillo y completarse en un corto período de tiempo y así tener impacto máximo. Esta característica permitirá generar impulso para luego avanzar sobre el resto de la organización. El proceso debe incluir: Capacitación a los mejores empleados, Identificación de Problemas Claves/Críticos que deben ser atacados, y seleccionar el Proyecto Piloto que debe actuar sobre uno de esos problemas con la incorporación de esos mejores empleados capacitados.

La Figura 2 muestra el detalle desagregado del método de las 5 Fases, dónde se identifica la secuencia “Paso a Paso” de los CSF a desarrollar, allí se señalan además aquellos CSF relevantes y condicionantes (señalados en rojo), que deben ser especialmente tenidos en cuenta por las PyMEs para implementar con éxito el LSS y poder mantener un comportamiento resiliente para enfrentar los desafíos de calidad en el mercado global.

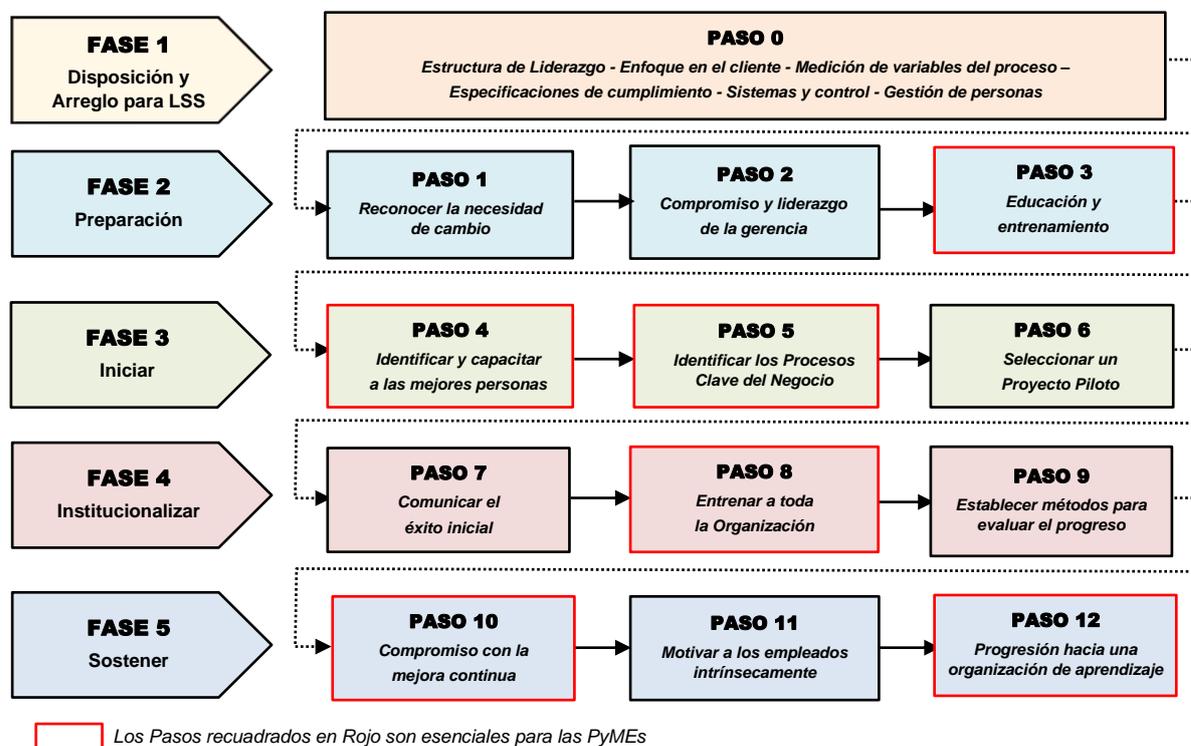


Figura 2 Secuencia "Paso a Paso" de los CSF del Modelo de las 5 Fases.

2.6. Esquema "Paso a Paso" de Implementación LSS en sector PyME (Los pasos relevantes de éxito para las PyMEs han sido subrayados en rojo):

2.6.1. Fase 1 – Disposición y Arreglo para LSS – Paso 0:

Esta fase pondrá a prueba la preparación de las PyMEs antes de embarcarse en la iniciativa LSS. El grado de preparación evaluará el apresto organizacional para la implementación de iniciativas de gestión del cambio. Su importancia es tal que condicionará toda la implementación futura de LSS, es la base y sustento para empezar con la implementación del Modelo. La condición de aptitud de la organización para emprender el desafío que implica LSS deberá tener particularmente en cuenta los aspectos: Estructura de Liderazgo - Enfoque en el cliente - Medición de variables del proceso - Especificaciones de cumplimiento - Sistemas y control - y Gestión de las personas.

2.6.2. Fase 2 - Preparación:

Esta fase ayuda a la organización a comprender el fundamento del cambio y medir el compromiso del equipo de Alta Dirección para invertir tiempo y asignar recursos en búsqueda de implementar el cambio.

Paso 1 - Reconocer la necesidad de cambio: Se debe proceder a la identificación de la necesidad de LSS a los efectos de obtener la justificación para su lanzamiento. Esta necesidad de cambio puede ser impulsada externamente por los clientes ó los mercados; ó internamente por los empleados, los accionistas ó los directivos.

Paso 2 - Compromiso y liderazgo de la gerencia: Nuevamente debe verificarse y redoblar el compromiso de la Alta Dirección y los líderes al comienzo de la implementación de LSS. La adopción funciona mejor con un enfoque de arriba hacia abajo, este es el aspecto más importante para empezar, porque muchas empresas fracasan en su intento de implementar LSS ya sea por falta de compromiso en el nivel gerencial o por falta de líderes fuertes para impulsar la iniciativa. Es deseable que la Alta Dirección apruebe la iniciativa LSS, defina su propósito y alcance, y lo vincule con la misión y visión de la organización.

Paso 3 - Educación y entrenamiento: Para mantener constantemente la ventaja competitiva y transferir el conocimiento de manera efectiva a través de la organización, es importante que la capacitación comience por la parte superior de la organización y esto luego debe descender en cascada a través de toda la jerarquía organizacional.

2.6.3. Fase 3 - Iniciar:

Esta Fase de inicialización ayuda a una organización a implementar el cambio de manera piloto identificando, seleccionando y motivando a unos pocos empleados talentosos para que sean parte del cambio y seleccionando un proyecto piloto para su ejecución, que se pueda completar en un corto período de tiempo y así tener impacto máximo. La fase de inicialización debe generar impulso para implementar el cambio en toda la organización.

Paso 4 - Identificar y capacitar a las mejores personas (1ra ola LSS): Es esencial atraer a las mejores personas con buenas habilidades de liderazgo para participar en la primera ola de

capacitación de la compañía La selección de los mejores talentos para los roles clave le da un mensaje claro a la organización de que la gerencia está comprometida. Esto proporcionará un ímpetu y una motivación para que otros empleados se involucren en la iniciativa. Nadie puede querer hacer aquello que no conoce.

Paso 5 - Identificar los Procesos Claves del negocio (Core Business): Si no se conocen los procesos centrales, será difícil implementar un sistema de mejoras gradual efectivo. Es más fácil comprender el negocio e identificar oportunidades de mejora, si se ha realizado el mapeo de procesos / mapeo de flujo de valor (VSM – Value Stream Mapping). Antes de embarcarse en LSS, se recomienda la aplicación de los principios y enfoques previstos en la Normativa ISO-9000, que establece sistemas y procedimientos estándar, identifica los procesos centrales y de soporte, y desarrolla el VSM para la identificación de actividades de valor agregado y sin valor agregado en la cadena de valor.

Paso 6 - Seleccionar un Proyecto Piloto: Los proyectos son la actividad principal que impulsa el cambio en las organizaciones siendo un componente crítico del éxito. Algunas victorias tempranas son cruciales y necesarias para la gestión de la consolidación de la iniciativa en toda la Empresa. Los proyectos piloto iniciales deben centrarse en áreas problemáticas clave con alineación estratégica en la satisfacción del cliente. Al inicio del programa sólo deberán seleccionarse los proyectos que pudieran completarse en el menor tiempo posible (3-4 meses), con menos esfuerzo y un alto impacto en términos de productividad y rentabilidad

2.6.4. Fase 4 - Institucionalizar:

Esta fase se refiere al despliegue de LSS en toda la organización para que la cultura del pensamiento en los procesos, del pensamiento estadístico y de la Mejora Continua quede integrada dentro de la organización.

Paso 7 - Comunicar el éxito inicial: Al finalizar el Proyecto Piloto deben comunicarse todos los ahorros financieros actuales y futuros generados por el mismo. El reconocimiento a los empleados involucrados y su identificación con LSS se logra a través de la comunicación de los ahorros logrados por su implementación. El equipo directivo debe comunicar cuidadosamente a toda la empresa por qué se eligió implementar LSS, y qué se espera obtener a futuro de su aplicación. El mejor involucramiento se logra celebrando y compartiendo ampliamente el éxito de los Proyectos Piloto que han sido encarados desde al inicio.

Paso 8 - Entrenar a toda la Organización: Una estructura organizacional jerárquicamente entrenada para cada uno de los roles de LSS es un elemento clave para alcanzar la institucionalización de la iniciativa LSS. No sólo es importante asignar recursos para una ola de capacitación masiva, sino también identificar todas las necesidades de capacitación de todas las funciones, y armar un sistema continuo de entrenamiento recurrente y sostenido. A los efectos de conseguir la mejor eficiencia posible debe favorecerse la capacitación cruzada intra-empresa, esta práctica no solo ahorrará recursos financieros para las PyMEs, sino que también desarrollará su propia capacidad y comprensión de LSS para lograr la sostenibilidad a largo plazo de la iniciativa. La capacitación no solo debe centrarse en la aplicación de herramientas y técnicas estadísticas, sino también en cuestiones más triviales, pero tan importantes como aquellas, como la gestión del cambio, el liderazgo y las cuestiones culturales, por nombrar algunas.

Paso 9: Establecer métodos para evaluar el progreso: El análisis de desvíos realizado en la primera fase ayudará a identificar los procesos críticos del negocio y establecer los parámetros para medir el desempeño de esos procesos. Una buena medición del desempeño permite identificar aspectos ó áreas de mejora y tiene un papel clave en la comunicación. Se establece que es igualmente importante medir los aspectos financieros y económicos como focos que no lo parecen, por Ej. La satisfacción del cliente, la satisfacción de los empleados, etc., que son los indicadores clave de cualquier iniciativa de cambio.

2.6.5. Fase 5 – Sustener:

Esta fase consolida el aprendizaje alcanzado en las tres primeras fases y propende que debe ser compartido, transferido y aplicado en toda la organización, para continuar cosechando beneficios a largo plazo como producto de la implementación de LSS. La idea de esta fase es asegurar que los beneficios y el conocimiento generado a partir de los proyectos piloto LSS se mantengan a largo plazo.

Paso 10: Compromiso con la mejora continua: Mantener la mejora es una tarea difícil, en la que muchas PyMEs luchan debido a un cambio en el enfoque empresarial o a la fluctuación de la economía. Para mantener el impulso en marcha, es necesario desarrollar generaciones de gerentes, que no sólo entiendan la herramienta, sino que se mantengan una inquietud proactiva por la búsqueda de la mejora continua, enfocada en la satisfacción de las necesidades externas e internas de los clientes, siendo este es el primer paso hacia la sostenibilidad a largo plazo de la iniciativa, facilitando la creación de PyMEs resilientes.

Paso 11 – Motivar a los empleados intrínsecamente: Los empleados son la fuente de ideas e innovación, y su experiencia y conocimiento deben aprovecharse para implementar esas ideas. El

alcance de la motivación intrínseca significa que debe ser propio o característico de los empleados y que debe expresarse por sí misma, no dependiendo de las circunstancias. Es un estado de ánimo, un hábito, una costumbre, una forma de trabajo, una forma de vida. La motivación intrínseca se puede generar a través de: Participación de los empleados en equipos de mejora del proyecto, Empoderamiento de los empleados para sus procesos, Formación y desarrollo para su progresión profesional, Esquema de recompensas y reconocimientos, etc.

Paso 12 - Progresión hacia una organización de aprendizaje: Las organizaciones de aprendizaje son aquellas en las que las personas amplían continuamente su capacidad para crear los resultados que realmente desean, en las que se fomentan patrones de pensamiento nuevos y expansivos, en las que se libera la aspiración colectiva y en las que las personas están dispuestas a aprender continuamente. La razón básica de la supervivencia de este tipo de organizaciones, es que, en situaciones de cambio rápido, como las actuales sólo sobresaldrán aquellas que sean flexibles, adaptables y productivas. Algunos elementos clave en los que una organización debe centrarse para convertirse en una organización de aprendizaje son: Reuniones periódicas de evaluación crítica de proyectos, Sesiones informativas para que tanto la dirección como los empleados puedan compartir experiencias, Efectuar la Revisión Crítica de Procesos en forma periódica revelando los factores críticos que han contribuido, tanto al éxito (para potenciarlos) como al fracaso (para mitigarlos).

2.7. Resumen de la metodología secuencial de implementación LSS en el sector PyME

Por el presente Método de las 5 Fases se ha querido plasmar una secuencia concreta de elementos considerados en la filosofía Lean Seis Sigma, así como exponer los pasos pertinentes a seguir, si se pretende alcanzar su implementación exitosa. La evidencia muestra que esta metodología ha conseguido asentarse sólidamente y ocupar un lugar prominente en la gestión de la calidad dentro de una empresa, simplemente por tratarse de sentido común aplicado, que explota las mayores ventajas de las técnicas Lean Manufacturing y Six Sigma, consolidadas en la metodología LSS.

Si bien con la técnica Lean se eliminan desperdicios y esfuerzos que no agregan valor al producido y con la adopción de Seis Sigma se reduce la variabilidad de los procesos, primero es necesario establecer una modalidad de trabajo, en especial para el sector PyME, que permita en forma efectiva brindar las bases para un proceso de toma de decisiones sistemático y efectivo para la mejora de la organización.

Es condición “sine qua non” establecer una cultura de orden, organización y superación que pueda identificar desvíos, medirlos con coherencia, investigar sus causas, visualizar oportunidades de mejora, establecer acciones de remediación eficaces, implementar el cambio, y controlar y sostener sus resultados.

Para ello, antes de pensar en la aplicación de un paquete de herramientas de base matemática, estadística, analítica, probabilística, etc.; será esencial llevar adelante una serie de acciones que garanticen el desempeño consistente de la organización, como asegurar el compromiso y liderazgo de la gerencia; la capacitación, entrenamiento e involucramiento de los RRHH; la identificación de los procesos clave del negocio; la adecuada medición del desempeño de los procesos y de los resultados perseguidos, la adopción de sistemas de control y gestión efectivos; y en particular, aquellas medidas que como hábito garanticen el sostenimiento y mejora continua del sistema adoptado.

Una vez adoptado el esquema cultural y filosófico que entraña la metodología LSS, mediante la adopción del proceso secuencial denominado “Paso a Paso”, estarán dadas las condiciones para integrar, sin observaciones, la herramienta que mejor resuelva el objetivo que se intenta obtener ó el resultado que quiere optimizar. Habrá herramientas de diagnóstico, de medición, de análisis, de planificación, de gestión, de control, etc., etc. cuyo aplicación efectiva y exitosa sólo podrá darse en el contexto y la situación resultante de la aplicación del esquema secuencial desarrollado.

2.8 Desarrollo de investigación en empresas radicadas en el país

En una posterior etapa de la presente investigación, se encuentra en desarrollo el diseño de un cuestionario para comprender y evaluar la aplicación de LSS y los factores de éxito en PyMEs dentro del país. El mismo consta de cuatro partes: I. Antecedentes de la empresa; II: Conocimiento y uso de métodos, herramientas y técnicas de mejora de la calidad utilizados; III. Factores críticos de éxito en la implementación de Six Sigma valorando la importancia y el grado de aplicación; IV. Resultados de la implementación.

3. CONCLUSIONES

La adopción de un modelo de excelencia, no es simplemente emplear una herramienta y esperar cómo su resultado mejora el desempeño de la Organización, se trata de instrumentar un Proceso secuencial, que conlleva la necesidad de introducir cambios culturales y metodológicos, los que deben comenzar por el capital más valioso con que cuentan las PyMEs, que son las personas.

Su capacitación e integración deben promover su involucramiento y compromiso con la actividad de mejora que se persigue.

El otro aspecto relevante es que las convicciones, la perseverancia, la aplicación del sentido común, la confianza y el esfuerzo deben tener presencia y desarrollarse antes que los resultados, elementos estos cuya carencia o discontinuidad, han sido identificadas como causales de rechazo o abandono de la metodología.

Al aplicar el Método propuesto, es importante que la comunicación de la información sea eficaz, y que la rendición de cuentas sea explícita y esté respaldada por un equipo directivo comprometido, estableciendo un sistema de premios e incentivos al desempeño de las personas.

Los líderes son los responsables de los resultados, deben ponerse al frente de la implementación y mantenerse en contacto y disposición del personal conformando un Equipo de Trabajo homogéneo y cooperativo.

La investigación muestra que LSS y otras iniciativas de Mejora Continua han fracasado debido a la falta de un plan de cómo y por dónde comenzar, o a la falta de vinculación de la iniciativa propuesta con metas comerciales y objetivos perseguidos.

Se observa a menudo una dirección débil que se ve involucrada en la típica acción de “apagar incendios”, considerando lo Urgente como lo más Importante, y dejando sin tiempo y lugar lo realmente Importante para la supervivencia del negocio.

La aplicación del Modelo de 5 Fases, su orden y secuencia, y la identificación de los CSF desarrollados como Pasos secuenciales, generan oportunidades de desarrollo y mejoras para el negocio, que en su continuidad convertirán a LSS como una fuente de obtención de ventajas competitivas que se sustentan en la racionalidad y el sentido común.

A través de este Trabajo, se ha intentado disminuir uno de los mayores obstáculos para alcanzar la mejora continua, que es la falta de conocimiento sobre Lean (fabricación esbelta ó ajustada) y Six Sigma (procesos esbeltos ó ajustados).

Como resultado adicional de nuestro estudio, en una 2da. Etapa se busca presentar un modelo de implementación de Lean Six Sigma para PyMEs basado en herramientas de simple aplicación con soporte informático accesible que elimine los prejuicios existentes, aclare las dudas y las implicaciones financieras derivadas, y se centre sobre los beneficios generales que obtendrán todas las partes interesadas. Asimismo, se espera conocer la aplicación y valoración de los factores críticos de éxito de empresas en el país

4. REFERENCIAS (solo algunas de los papers consultados de 25 revistas)

- [1] Jiju Antony & M.K. Tiwari (2011) *Six Sigma implementation framework for SMEs – a roadmap to manage and sustain the change*, *International Journal of Production Research*, 49:18, 5449-5467
- [2] Antony, J., & Desai, D. A. (2009). *Assessing the status of six sigma implementation in the Indian industry: Results from an exploratory empirical study*. *Management Research News*, 32(5), 413-423
- [3] R. Shah, A. Chandrasekaran & K. Linderman (2008) *In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma*, *International Journal of Production Research*, 46:23, 6679-6699
- [4] Shamsi, M.A. and Alam, A. (2018), "Exploring Lean Six Sigma implementation barriers in Information Technology industry", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 No. 4, pp. 523-542
- [5] Raghunath, & Jayathirtha, D. (2013). *Lean and Six Sigma approach for Manufacturing SMEs*.
- [6] Singh B., Singh D., and Sodhi H. (2019), *Developing a Lean Six Sigma Conceptual Model and its Implementation: A Case Study*
- [7] Muraliraj, J., Zailani, S., Kuppusamy, S. and Santha, C. (2018), "Annotated methodological review of Lean Six Sigma", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 No. 1, pp. 2-49
- [8] Ahmed S, Manaf NH, Islam R. *Effects of Lean Six Sigma application in healthcare services: a literature review*. *Rev Environ Health*. 2013; 28(4):189-94.
- [9] Shokri, A. (2017), "Quantitative analysis of Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma research publications in last two decades", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 34 No. 5, pp. 598-625
- [10] Andersson, R., Eriksson, H. and Torstensson, H. (2006), "Similarities and differences between TQM, six sigma and lean", *The TQM Magazine*, Vol. 18 No. 3, pp. 282-296
- [11] Antony, J (2008), *Can Six Sigma be effectively implemented in SMEs?* *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 57 No. 5, pp. 420-423.
- [12] Marathe, R., V.M., S. & L S, G. (2018). *A morphological analysis of research literature on Lean Six Sigma for services*. *International Journal of Operations and Production Management*, 38(1):149–182.
- [13] M. G. Aboelmaged, "Six Sigma Quality: A Structured Review and Implications for Future Research", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27, No. 3, 2010, pp. 269-318.

RSU – Capacidades Sociales y Financieras en Jóvenes Infractores: El Caso del Centro El Redentor en Bogotá – Colombia

Espejo Novoa Luz Herminda; Rodríguez Cendales Jorge Armando

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Facultad de Humanidades, Ciencias Sociales y Educación
luz.espejo@uniagustiniana.edu.co
Jorge.rodriquez@uniagustiniana.edu.co

RESUMEN

La obtención de mano de obra calificada es cada vez más difícil en un mundo cambiante que genera constantes brechas entre aquellos que tienen a su disposición los medios de capacitación, cuidado y trabajo, frente a una creciente franja poblacional que se siente cada día marginada y vulnerada. Las organizaciones de toda índole deben estar atentas a distintas estrategias que permitan optimizar los recursos humanos con los que cuentan y generar valores agregados no solo en la producción y comercialización de bienes, sino en la búsqueda de un bienestar generalizado de la población.

Las universidades como organizaciones que cumplen una función social deben ir más allá de la simple formación de capital humano y deben comprometerse a través de sus acciones de responsabilidad social con la creación de mejores condiciones de vida. En este sentido, a través de este proyecto de intervención social se busca mejorar las capacidades sociales y financieras en jóvenes que se encuentran temporalmente privados de su libertad, fortaleciendo sus habilidades y destrezas para el logro de la construcción de un proyecto de vida con sentido. La experiencia que se muestra corresponde al trabajo adelantado por docentes la Universitaria Agustiniana de Bogotá Colombia con un grupo de jóvenes que se encuentran reclusos en el Centro El Redentor, una institución dedicada al cuidado y protección de menores de edad que han cometido delitos.

La intervención se centra en la implementación de una metodología que combina las posibilidades que ofrecen las ciencias humanas y las ciencias económicas en la reorientación del proyecto de vida en jóvenes infractores.

Palabras claves: capacidad, social, financiero, responsabilidad social

ABSTRACT

Obtaining skilled labor is increasingly difficult in a changing world that generates constant gaps between those who have at their disposal the means for training, care and work, as opposed to a growing population that feels marginalized and vulnerable every day. Organizations of all kinds must be attentive to different strategies that allow them to optimize their human resources and generate added value not only in the production and marketing of goods, but also in the search for the general welfare of the population.

Universities as organizations that fulfill a social function must go beyond the simple formation of human capital and must commit themselves through their social responsibility actions to the creation of better living conditions. In this sense, this social intervention project seeks to improve the social skills of young people who are temporarily deprived of their freedom, strengthening their abilities and skills to achieve the construction of a meaningful life project. The experience shown corresponds to the work carried out by teachers of the Universitaria Agustiniana from Bogotá Colombia with a group of young people who are detained in El Redentor, an institution dedicated to the care and protection of minors who have committed crimes.

The intervention focuses on the implementation of a methodology that combines the possibilities offered by the human sciences and the economic sciences in the reorientation of the life project of young offenders.

Keywords: capability, social, financial, social responsibility

1. INTRODUCCIÓN

Un tema importante de las últimas décadas es la “responsabilidad social” vista como una dimensión ética que toda organización debería promover de manera responsable y no por el hecho de una exigencia de las autoridades; a pesar de ser una función sustantiva de las Instituciones Universitarias por su vocación y orientación social no han trabajado en pro del desarrollo que conlleva este concepto.

La responsabilidad social universitaria (RSU) es un gran desafío para las universidades dado que implica que se involucren varios actores: directivos, personal administrativo, docentes, estudiantes y público en general, de esta forma el qué hacer se amplía porque no solo debe labrar excelentes profesionales sino adicionalmente formar individuos sensibles a las necesidades de la comunidad, entusiastas, creativos, promoviendo el desarrollo participativo de su entorno.

El proyecto de proyección social de puertas abiertas de la Universitaria Agustiniana, en adelante Uniagustiniana, tiene como objetivo general el contribuir a satisfacer necesidades sociales y financieras que tienen jóvenes vulnerables privados de la libertad, ofreciendo capacitación adecuada a sus necesidades, fortaleciendo sus capacidades y destrezas para el logro de la construcción de un proyecto de vida con sentido; como objetivos específicos están el desarrollar la capacidad de reconocer en sí mismo y en los demás una serie de aspectos positivos de su personalidad que pueden contribuir a su desarrollo individual y colectivo, a través de talleres vivenciales brindar formación en educación financiera a partir de conceptos básicos como: laboratorio creativo, crecimiento y desarrollo en habilidades financieras con los talleres: “Haciendo cuentas”, “Balance y resultados de la empresa”, “Organización de Ingresos y gastos personales” y “Economía familiar”.

Según estudios del grupo de investigación “violencia, salud y sociedad de la Universidad de Santander en Colombia”, las causas de reclusión son variadas: pueden ir desde el mismo rechazo y discriminación que sufren los jóvenes desde su infancia por la falta de rutinas, disciplina y referentes de autoridad, hasta actos de violencia y asesinatos; por ese motivo se logró hacer intervención a un grupo piloto para fortalecer algunas habilidades como estrategia de mejoramiento de los procesos personales.

Otros avances de investigación de la organización de las naciones Unidas ONU, evidencian que un aproximado del 18% de la población mundial es joven y el 87% de este segmento, vive en países en vía de desarrollo (ONU, 2010 P.3). El hecho que tal cantidad de jóvenes viviendo en este tipo de países hace que sea aún más difícil encontrar oportunidades tanto de capacitación como de generación de recursos para sí mismos o para el hogar; a ello hay que sumarle que al menos el sistema educativo en estos sitios geográficos, no contemple aspectos tan importantes para el desarrollo de su vida a corto, mediano y largo plazo, como los que se plantean a través del proyecto que se describe en este documento.

Cuando se habla de delincuencia juvenil se relaciona con la exclusión social, álgido tema que va en doble vía siendo causa y consecuencia de las crisis económicas de los estados ineficaces retando al país en términos de desarrollo. Hoy se evidencia que la violencia y la delincuencia afectan de manera sustancial y progresiva al desarrollo económico y social de una nación o de una localidad, reforzando la exclusión social y la pobreza (Benvenuti, 2003.p.1)., y es precisamente en ello donde este tipo de situaciones encuentra en los jóvenes tierra fértil para sus propósitos.

Según estudios, el emprendimiento social podría contribuir a ampliar y mejorar alternativas para la generación de recursos financieros, empleo y posiblemente calidad de vida, lo cual podría ser un aporte positivo para que estos jóvenes encuentren salidas a su doble condición de víctimas y victimarios, que a su vez, es una respuesta que surge de un individuo o de un grupo, ante procesos sociales y contextos difíciles, que, por lo general, enfrentan condiciones negativas (Perrini, Vurro, y Costanzo, 2010, Chell, et all.2010).

2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El Proyecto de puertas abiertas campus suba desarrollado por la Uniagustiniana y el área de Proyección Social, nació en el año 2019 con una serie de actividades de formación y seguimiento de los objetivos, descritas a continuación:

A cargo del programa de Gastronomía: Impartió capacitaciones a comunidad del sector en buenas prácticas de manufactura, dirigida especialmente a vendedores ambulantes de alimentos, madres cabeza de familia y propietarios de establecimientos formalmente establecidos.

Ejercicio de aula involucrando a estudiantes de 5° semestre de la asignatura “Tecnología de Lácteos” y personas responsables de la finca Cayambe, la cual se encuentra ubicada en el área circundante a Uniagustiniana. Allí se realizó un ejercicio con el proceso de ordeño y elaboración de derivados lácteos de la finca. La experiencia representó un beneficio para ambas partes teniendo en cuenta que los estudiantes pudieron observar en primer plano, la elaboración artesanal de este tipo de productos y ellos a su vez, pudieron compartir su conocimiento de producción tecnificada de los derivados de la leche a las personas encargadas de la finca.

A cargo del programa de Contaduría Pública: Con profesores y estudiantes de la sede Suba, realizó el primer foro taller “¿TU ARTE GENERA RENTABILIDAD?”, en compañía de la Casa de Igualdad de Oportunidades, entidad bajo la supervisión de la Secretaría Distrital de la Mujer de Bogotá, se realizó una capacitación a 60 mujeres que requerían una guía de personas expertas relacionadas con finanzas personales.



Figura 1 Participantes del taller No 1



Figura 2 Participantes 2 jornada

Como parte de este trabajo a finales del año 2019, un equipo interdisciplinario de profesores propuso la realización del proyecto *Puertas Abiertas* en articulación con la Casa de igualdad de Oportunidades, que tenía como propósito desarrollar herramientas de aprendizaje con la comunidad relacionadas con productos fruver (frutas y verduras), así como de derivados lácteos, todo a partir de las disciplinas contable y gastronómica, aplicando estrategias pedagógicas que le permite a la población partícipe aprender a elaborar el producto con su respectivo costo; lo anterior, aparte de lo referenciado, conlleva a una mejor calidad del producto, así como una mayor rentabilidad.

Esta fase buscó aprovechar las ventajas que brindan los medios de educación virtual para ofrecer un curso sobre manipulación de alimentos y costeo de productos, dirigido a mujeres cabeza de familia de distintos estratos sociales. Debido a la situación generada por la pandemia, se generó una grata explotación de los recursos tecnológicos, lo cual sirvió para hacer un acercamiento a la población beneficiada y así llevar el conocimiento relacionado con el proyecto, también brindar soporte en herramientas que le permitió a parte de esa población superar barreras que le impedían, o al menos dificultaba, el acceso a la educación. Sobra señalar que la parte docente del proyecto también adquirió conocimientos al respecto.

El curso sobre “Manipulación de Alimentos” con una duración de 40 horas, busca dar a conocer las buenas prácticas de manufactura que deben implementar los manipuladores de alimentos para garantizar la inocuidad de los comestibles. De acuerdo a la resolución 2674 de 2013, todo aquel que participe en la manipulación de alimentos debe contar con un certificado que capacite en manipulación que le otorgue las competencias para poder trabajar en este sector de la economía. Por la anterior razón, el proyecto mencionado contribuye a satisfacer esa necesidad que tiene todas estas personas vulnerables y que por alguna razón carecen de la posibilidad para ser capacitados. A la par de ello, se construyó un curso sobre el costeo de productos alimenticios para ser complemento, el cual cuenta con todas las bases financieras que le permite al estudiante establecer los costos que genera la elaboración de productos que podrían llevar o que efectivamente ya lo hacen, al mercado. Es, a grandes rasgos, una herramienta básica que busca fortalecer los emprendimientos familiares de las mujeres de la localidad de Suba. Estos dos cursos se ofertaron de forma gratuita a través de la plataforma de educación virtual de la Uniagustiniana.



Figura 3 Estructura del curso manipulación de alimentos Moodle

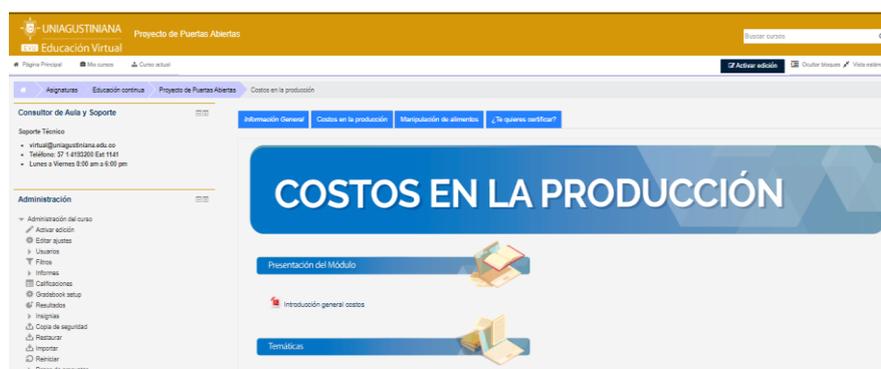


Figura 4 Estructura del curso costos en la producción Moodle

Siguiendo los propósitos de la universitaria : “Contribuir al desarrollo sostenible que transforme de manera positiva a la sociedad que es uno de los ejes transversales de la misión; así como crear tejido social en favor de poblaciones vulnerables promoviendo los principios Uniagustinianos como lo es la justicia solidaria y la libertad, propiciando espacios colectivos para la corresponsabilidad y la co-creación a soluciones de situaciones de injusticia y marginalidad que no permiten que las personas puedan realizar todas sus funciones para ejercer sus capacidades como seres humanos autónomos y guardando una relación directa con el objetivo de la Política de Extensión y Proyección Social, la cual busca la interacción y el diálogo con los diferentes actores sociales y comunitarios de la sociedad para atender a sus necesidades y problemáticas, articulando esfuerzos pertinentes y planteando posibles soluciones por medio de programas o proyectos”. En base a ello en 2021: una de lecciones que nos ha dejado el confinamiento obligatorio producto del Covid-19 ha sido la valoración especial sobre la libertad, la importancia de la movilidad y la gratitud por las cosas buenas que cada uno de nosotros tiene y se manifiesta en nuestro bienestar y calidad de vida. Muchos de los jóvenes con los que interactuamos a diario se encuentran abrumados por el confinamiento y sienten que sus vidas se han estancado debido al encierro, se quejan porque sus condiciones materiales los limitan; sin detenerse a pensar que en sus hogares tienen cobijo y alimento, algo que quizá algunos de sus pares ni siquiera tienen garantizado.

Bajo este escenario hemos de fijar nuestra mirada en aquellos jóvenes que debido a múltiples circunstancias se encuentran en un confinamiento obligatorio y que se han visto privados de la libertad no por causas asociadas a la salud, sino a las malas decisiones que tomaron en algún momento de la vida. Allí, en una cárcel o centro de rehabilitación, pueden pasar los días y las noches visualizando lo difícil que es ser joven, encerrado, separados de sus seres queridos y viendo como sus anhelos, sueños y metas se quedan como lo están ellos: entre rejas. Ante este desolador panorama la Uniagustiniana y la Corporación Minuto de Dios en asocio con la Fundación Líderes Monarca están desarrollando la segunda versión del proyecto “Campus Suba de Puertas Abiertas” en el que se trabaja con los jóvenes que se encuentran en el centro de reclusión de menores *El Redentor* en Bogotá.

3. POBLACIÓN OBJETO DEL PROYECTO



Figura 5 figura ilustrativa

El presente proyecto beneficia a jóvenes de la *Escuela de Formación Integral El Redentor*.

La *Escuela de Formación Integral El Redentor* ubicada en Bogotá, Colombia, es un centro de reclusión que alberga menores de edad que han sido condenados por diferentes delitos. Dentro de las instalaciones reciben cursos con el ánimo de completar sus estudios académicos y quienes los culminan acceden a talleres de panadería, carpintería, artes, confección, etc. No obstante, al terminar su condena y al querer reincorporarse a la sociedad encuentran en la mayoría de veces las puertas cerradas para obtener un trabajo y empezar a trazar un camino distinto, por lo que terminan cometiendo los mismos delitos, recorriendo así un círculo nocivo a sus vidas, familias y entorno general.

4. METODOLOGÍA

En el marco del trabajo realizado desde el Proyecto de *Puertas Abiertas de Uniagustiniana*, que se adelantó con los jóvenes del Centro de reclusión *El Redentor*, se llevaron a cabo talleres de fortalecimiento de sus capacidades personales y financieras siendo necesario establecer un canal de diálogo permanente en el que, a partir de sus intereses, habilidades y experiencias, se ofrecieron orientaciones que les facilitará su tránsito desde el lugar de confinamiento hacia la vida en

comunidad. Este contacto tuvo en cuenta su historia personal así como sus vivencias, para que el proceso trabajado adquiriera significado y sentido dentro de su proceso de formación.

Para lograr el descrito cometido en estos jóvenes, se hizo un acercamiento que nos encauzó en el logro de los objetivos trazados en el proyecto, en relación a ofrecer herramientas para la generación de capacidades sociales, que les permita la construcción de un propósito de vida con una dirección diferente a la tomada por ellos hasta el momento.

Se realizaron 4 fases de acercamiento:

Tabla 1 *Temas Generales.*

Fase 1	Conocimiento y reconocimiento de capacidades	Taller “Re-Conocimiento (metodología COMERE)”	Taller “Este es mi cuento”	
Fase 2	Laboratorio creativo	Taller “Esta es mi idea”	Taller “Taller prototipo”	Talleres “Canvas”
Fase 3	Crecimiento y desarrollo en Habilidades Financieras	Talleres “Haciendo cuentas”	Talleres “Balance y Resultados de la empresa”	Talleres “Organización de ingresos y gastos personales”
Fase 4	Finanzas personales saludables	Taller “La economía familiar”	Exposición de emprendimientos a padrinos	

Elaboración propia

Fruto del trabajo de la *Fundación Líderes Monarca* y las relaciones que esta entidad ha establecido con otras organizaciones, se cuenta con un programa de “plan padrinos” el cual tiene como finalidad, la financiación de las ideas de negocio a partir del conocimiento adquirido de tal forma que cuando los jóvenes de *El Redentor* se reintegren a la sociedad, les resulte mucho más factible continuar con sus emprendimientos.

La financiación que se le otorgue a los primeros jóvenes tendrá como condición que este capital sea devuelto a través de ayuda a otros muchachos que se vinculen al programa, logrando así un efecto multiplicador, en el que la historia de vida de los chicos motive a otras personas a ayudar inmersos en un modelo de economía solidaria.



Figura 6 *Representación de los padrinos ofreciendo el dinero*

5. RESULTADOS

A través de este proyecto de intervención social durante el año 2021, se han realizado una serie de actividades tendientes a desarrollar en estos jóvenes la capacidad de reconocer en ellos, así como en los demás, los aspectos de su personalidad que pueden contribuir a su desarrollo individual y colectivo, como también el identificar sus sueños y anhelos para que una vez recobren la libertad, y con esa visualización establecida debidamente, puedan proponerse metas en el corto y mediano plazo, favoreciendo su reincorporación a la sociedad por medio de un proyecto que sea productivo, ya que ellos como se comentó anteriormente cuentan con un plan padrino que les ayuda a financiar su emprendimiento o su meta laboral, logrando otro objetivo: devolver los recursos para multiplicarlos en otros jóvenes.

Un plus de esta experiencia adelantada por la UNIAGUSTINIANA es la inclusión de estudiantes y sus núcleos familiares, lo cual aparte de multiplicar el conocimiento, facilita al hacer más agradable y de confianza las sesiones establecidas.

Algunos de los tópicos tratados en estas jornadas de capacitación incluyeron temas fundamentales asociados a la educación financiera tales como: contabilidad básica, acceso a servicios bancarios, gestión de créditos, manejo acertado de tasas de interés, mejoramiento del poder adquisitivo, hábitos financieros saludables, comportamientos asociados al ahorro y el desarrollo de emprendimientos.

Como parte del proceso en capacidades sociales se realizó el taller de RE-CONOCIMIENTO (metodología COMERE) cuyo Objetivo general fue desarrollar en el participante la capacidad de reconocer en él y en los demás una serie de aspectos positivos de su personalidad que pueden contribuir a su desarrollo individual y colectivo.

Objetivos específicos

- Dar a conocer cómo las habilidades personales han contribuido el éxito de algunos personajes históricos.
- Orientar a los participantes para que realicen un efectivo ejercicio de auto-reconocimiento de sus habilidades personales.
- Realizar el reconocimiento de las habilidades de los participantes, de acuerdo con las percepciones de sus compañeros.

El ejercicio se basó en la metodología COMERE que ha sido ampliamente usada en entornos organizacionales para potenciar el trabajo en equipo y la identificación de fortalezas personales a través de tres momentos.

- **CO** nozco
- **ME** reconozco
- **RE** conozco

En el primer momento **CO**nozco, el facilitador lleva a cabo una charla breve en la que muestra la importancia de las habilidades personales para el logro de los objetivos en distintos campos de la vida. Se toma como referencia la historia de vida de personajes como Leonardo DaVinci, W. A. Mozart y Thomas Alva Edison, entre otros, para evidenciar cómo el trabajo constante, su tenacidad y su carisma los catapultaron como referentes de su época y de la humanidad.

En el segundo momento **ME** reconozco, cada participante deberá realizar una lista de cinco habilidades que posee y que le han permitido avanzar en la vida. Esta lista se hará de manera priorizada indicando cuál de esas habilidades es la más destacada y cuál es la menos destacada. Cada participante explicará ante sus compañeros sus respuestas y se hará un registro de frecuencia a medida que se realice la exposición. Este momento finaliza con el registro final de las cinco habilidades que, a juicio de los participantes, son las más relevantes.

Para el tercer momento **RE** conozco se pide a los participantes que asignen a cada compañero una de las habilidades previamente identificadas como aquella que puede potenciar, se escoge una de esas habilidades para cada persona y se procede a establecer un compromiso para alcanzar su máximo desarrollo, indicando acciones concretas y tiempo de realización.

El ejercicio finaliza con la suscripción de un acta de compromiso personal en la que cada participante determina acciones puntuales y tiempo para lograr que su habilidad se consolide.

Otro de los talleres realizado es “Este es mi cuento”, donde se realiza un ejercicio de historias de vida a través de podcast corto como parte del proceso de establecimiento de habilidades y proyecto de vida. Se aprovecha como entrenamiento para que los chicos aprendan la técnica del pitch y mejoren el desarrollo de habilidades comunicativas.

En cuanto al laboratorio de ideas se hicieron varios talleres donde por medio de la metodología canva se logra hacer un modelo de trabajo para la idea de negocio donde se evidencia por parejas el trabajo: socios, actividades y recursos clave, propósitos de valor, relaciones con clientes, segmentos de cliente, canales de distribución, estructura de costos y finalmente fuente de ingresos.

Como prueba piloto se incorporaron al proceso 10 jóvenes los cuales fueron sensibilizados en temas financieros por medio del caso de la panadería de doña Lela donde se evidenció:

Tabla 2 Cuadro Financiero panadería doña Lela.

Materias primas(MP)	Mano de obra Directa (MOD)	Costos Indirectos de fabricación(CIF)	Gastos administración y ventas	Activos	Pasivos
Harina	Sueldo panadero	Mantenimiento horno	Sueldo de ventas	Estufa	Proveedores
Leche	Sueldo auxiliar	Bolsas empaque	Sueldo gerente	Horno	Obligaciones financieras
Huevos		Servicios públicos de la planta	Servicios públicos de tienda, oficinas	vitricas	
Azúcar		Sueldo jefe planta producción		Caja y bancos	
Levadura					

Elaboración propia



Figura 7 Representación de un emprendimiento

Se comprueba el enorme potencial académico que tienen los jóvenes que están en proceso de rehabilitación. Es precisamente ello uno de los objetivos del proyecto ya que, entre otras metas, se busca reconocer, (por ellos mismos inclusive), moldear y explotar esas capacidades que tienen y lograr que por medio del estar ocupados en algo útil puedan abandonar ideas no apropiadas, además, claro está, que se planteen el realizar estudios y labores que los lleve a una mejor calidad de vida para ellos y los suyos, concientizándose que pueden hacer mucho por sí mismos y en concordancia con la ley. El trabajo realizado se presentó de manera muy lúdica y creativa, para así dejar de lado esa metodología tradicional, la cual puede en algunos casos, demorar o impedir el crecimiento académico pero sobre todo, el interés por el estudio. Dentro de los talleres, se realizaron diferentes casos prácticos para así llegar a formular y analizar estados financieros: Estado de resultados y Estado de situación financiera, y por consiguiente para así examinar el ahorro, la inversión y el presupuesto; lo anterior logra la reflexión por parte de los estudiantes de los beneficios de conocer e implementar técnicas contables para el emprendimiento, el trabajo y las finanzas personales.



Figura 8 Representación de las clases

Como resultado final, se debe obtener los planes de negocio de los jóvenes para que junto a sus padrinos, lleven a cabo la práctica dentro del centro de reclusión; tal es el caso de una pareja de jóvenes que ha podido aplicar efectivamente sus conocimientos por medio de un emprendimiento de comida rápida; ellos han podido: mejorar los procedimientos, diseñar planes contables, ampliar los ingresos, disminuir los egresos, confiar en sus propias capacidades y lograr analizar el manejo de su negocio, entre otros resultados, para así llegar a reinvertir utilidades y poder de esta forma, comprar sus utensilios de aseo y suplir algunas de sus necesidades, e incluso, ayudar económicamente a sus familias.



Figura 9 Representación jóvenes exponiendo su emprendimiento

6. CONCLUSIONES

En ocasiones, los jóvenes recurren a conductas delictivas como forma de subsistencia, los que no son condenados, por lo regular continúan en ese rumbo y los que sí lo son, pasan un tiempo en la cárcel o en un reformatorio, en cualquier caso, por lo general no ven alternativas para cambiar ese destino que en parte, han labrado. Este tipo de proyectos apoyados por la Uniagustiniana y la Fundación Líderes Monarca, dan una luz de esperanza al último grupo referenciado y por qué no, al primero, ya que pueden ser un espejo para aquellos que se han librado del proceso carcelario.

Estos jóvenes, a nivel macro, tienen una gran dificultad para obedecer órdenes o seguir recomendaciones, cuentan con una mala o nula imagen sobre la norma y la autoridad, lo cual redundaría en una falta de habilidades sociales; para atenuar o reevaluar ello, se realizaron actividades para lograr atraer su atención y poder atacar los frentes mencionados. Se ofrecieron alternativas a los jóvenes para pensar de una manera distinta su proyecto de vida a través del fortalecimiento de sus habilidades sociales y financieras.

El proyecto podría ser replicable a jóvenes de diferentes condiciones sociales, no necesariamente privados de la libertad, y que busquen potenciar sus habilidades personales para la generación y puesta en marcha de su proyecto de vida. De igual manera, podría ser replicable en otras ciudades del país con jóvenes que se encuentren en proceso de reincorporación a la vida civil o en procesos reeducativos.

Es posible desarrollar capacidades sociales y financieras en jóvenes privados de la libertad mediante capacitaciones en temas de contabilidad, costos, presupuestos, finanzas, procesos de conocimiento de sí mismo y reconocimiento de los demás y en aspectos de índole espiritual como el que adelanta la Fundación Líderes Monarca, para finalmente obtener ideas productivas y realizables que se puedan llevar a cabo al finalizar el proceso de rehabilitación, e incluso antes. Ello va a redundar en una mejora de su calidad de vida, de los suyos y de la sociedad. Sin embargo, quizás uno de las conclusiones más importantes y palpables es que estos jóvenes van a lograr ver las grandes capacidades y talentos que tienen y que pueden pulir, lo cual demostrará particularmente a ellos mismos, (y a quienes les rodeen), que pueden dedicar esas capacidades y sus esfuerzos en hacer algo totalmente distinto a lo que han venido haciendo, que pueden rehacer parte de su vida y que aunque viven, y pueden seguir viviendo las consecuencias de los errores cometidos, también tienen la gran posibilidad de ayudar a forjarse un futuro con una mejor perspectiva, a cumplir sueños, a lograr metas, a hacer que todo ello esté como ellos quieren estar: fuera del centro de rehabilitación

7. REFERENCIAS

- [1] Arteaga, D. N. (2010). El desarrollo humano y la generación de capacidades. *Diálogos*, 5, 47-57.
- [2] Colombia. DANE. (2020). Boletín técnico. Mercado laboral de juventud. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/juventud/Bol_eje_juventud_jul20_sep20.pdf
- [3] D'Angelo, O. (2003). Proyecto de vida y desarrollo integral humano. Disponible en <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/cuba/cips/caudales05/Caudales/ARTICULOS/ArticulosPDF/07D050.pdf>
- [4] Benvenuti, P. (2003) Violencia Juvenil y Delincuencia en la región de Latinoamérica. Recuperado el 13 de abril de 2014, de http://www.shinealight.org/Youth_Violence_ESP.pdf
- [5] Chell, E., Nicolopoulou, K. & Karata! -Özkan, M. (2010) Social entrepreneurship and enterprise: International and innovation perspectives, *Entrepreneurship & Regional Development: An International Journal*, 22:6, pp. 485-493

8. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer primeramente a Dios por permitirnos trabajar en pro de jóvenes con necesidades sociales.

A Uniagustinana y sus directivas desde la Vicerrectoría de Extensión y Desarrollo Humano en cabeza de la doctora Alejandra Díaz Manzano, el Director de Proyección Social Edilberto Lara Pupo y coordinador de Responsabilidad Social y Sostenibilidad Juan Romero Suarez.

Este proyecto se está realizando con el apoyo de la fundación Líderes monarca en cabeza de la directora Jenny Biviana Linares Nieto, la Corporación Universitaria Minuto de Dios con la maestra Gladys Johana Arias Clavijo a quienes agradecemos por su participación activa de la formación, en el marco de un proyecto financiado por la Uniagustinana de las convocatorias de Responsabilidad Social y Sostenibilidad

Estimación de Distancias Seguras Frente a la Ocurrencia de una Explosión Blevé en Función de Variables Operativas/ de Diseño.

Kraft, Romina A.*; Mores, Patricia L.; Scenna, Nicolás J.

CAIMI Centro de Aplicaciones Informáticas y Modelado en Ingeniería, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, Zeballos 1346, S2000BQA Rosario, Argentina.
rkraft@frro.utn.edu.ar mores@inv.rosario-conicet.gov.ar nscenna@frro.utn.edu.ar

RESUMEN

Considerar el concepto de seguridad operacional se ha vuelto imprescindible en toda actividad industrial. Entre los eventos accidentales más peligrosos se encuentran las explosiones tipo BLEVE, que resultan de la falla de un recipiente que contiene una sustancia a una temperatura muy superior a su temperatura normal de ebullición. Las graves consecuencias ocasionadas por la onda expansiva generada hacen indispensable su estudio detallado. Los modelos matemáticos disponibles son complejos en cuanto a la cantidad de datos y esfuerzo computacional requeridos para su resolución. En este trabajo, se presenta un modelo simple y directo para la estimación de distancias seguras entre una posible fuente de explosión y un receptor caracterizado por el nivel de vulnerabilidad correspondiente. La obtención de este modelo se lleva a cabo mediante la selección de variables operativas/ de diseño convenientes y el análisis de su influencia en los resultados brindados por un modelo matemático con fundamento teórico (modelo base), la formulación de una única expresión matemática con parámetros a determinar (modelo simple) y la resolución de un problema de optimización en el que se maximiza el R^2 que resulta de la comparación entre ambos modelos. Finalmente, se demuestra una muy buena performance del modelo propuesto, cumpliendo con los requisitos de simpleza y escasa demanda de datos de fácil acceso, permitiendo la obtención confiable de distancias seguras desde las primeras etapas del diseño.

Palabras Claves: BLEVE, modelo simple, distancias seguras, variables de diseño/operativas.

ABSTRACT

Considering the concept of operational safety has become indispensable in all industrial activities. Among the most hazardous accidental events are BLEVE explosions resulting from the failure of a vessel containing a liquid at a temperature significantly above its normal boiling temperature. The serious consequences caused by the blast wave generated in this type of explosions make their detailed study crucial. The available models are complex in terms of the amount of input data and computational efforts required for their resolution. In this study, a simple to implement model for the straightforward estimation of safety distances between a potential explosion source and a receptor characterized by a specified vulnerability level is presented. This model is obtained by selecting suitable operational/ design variables and analysing their influence on the results provided by a mathematical model with theoretical foundation taken as reference (reference model), formulating a single mathematical expression with parameters to be determined (simple model) and by solving an optimization problem in which the correlation coefficient resulting from the comparison of the simple model with the reference model is maximized. Finally, a very good performance of the proposed model is demonstrated, complying with the requirements of simplicity and reduction of amount of input data, which are accessible, allowing the reliable obtaining of safe distances from the first stages of the design.

Keywords: BLEVE, simple model, safety distance, design/ operational variables.

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Argentina de Ingeniería – RADI [ir](#)

Tendencias a Nivel Internacional Respecto a la Movilidad Urbana Sostenible

Imaz, Fernando; Jaurena, Juan; Sorba, Iván

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.

fimaz@frsf.utn.edu.ar imazfernando@gmail.com

RESUMEN

En las últimas décadas, ha existido en muchos países una preocupación sobre el impacto ambiental generado por el uso del automóvil para el transporte de pasajeros. Uno de los problemas generalizados en las ciudades, es la ineficiencia del sistema de transporte, el cual repercute en ámbitos de salud, medio ambiente, movilidad de personas y economía, ya que los accidentes de tránsito y la congestión generan deseconomías con importantes pérdidas del PBI.

Por esta preocupación surge el concepto de movilidad sostenible que promueve un balance entre los beneficios económicos y sociales del transporte y la salud humana y el ambiente.

Para lograr el desarrollo urbano sostenible de una ciudad se necesitan políticas públicas que fomenten el transporte público, caminar o andar en bicicleta; brindando beneficios al ambiente y a la calidad de vida de la población.

En este contexto, se analizaron los lineamientos del Libro Blanco de Transporte de la Unión Europea, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas y otros informes generados por ONG motivados por esta iniciativa.

Posteriormente, el enfoque se dirige hacia la implementación de políticas de movilidad sostenible, tanto en ciudades de Europa como de Latinoamérica.

Ampliar el conocimiento sobre la tendencia a nivel internacional de la movilidad urbana sostenible, servirá como base para poder elaborar un diagnóstico objetivo sobre esta temática en nuestro país.

Palabras Claves: Movilidad – Urbana – Tendencias – Transporte – Sostenibilidad.

ABSTRACT

In recent decades, there has been concern in many countries about the environmental impact generated by the use of the car for passenger transport. One of the generalized problems in cities is the inefficiency of the transport system, which has repercussions in the areas of health, the environment, mobility of people and the economy, since traffic accidents and congestion generate diseconomies with significant losses in GDP. .

Due to this concern arises the concept of sustainable mobility that promotes a balance between the economic and social benefits of transport and human health and the environment.

To achieve the sustainable urban development of a city, public policies are needed that promote public transport, walking or cycling; providing benefits to the environment and the quality of life of the population.

In this context, the guidelines of the European Union Transport White Paper, the 2030 Agenda for Sustainable Development of the United Nations General Assembly and other reports generated by NGOs motivated by this initiative were analyzed.

Subsequently, the focus is directed towards the implementation of sustainable mobility policies, both in cities in Europe and in Latin America.

Expanding knowledge about the international trend of sustainable urban mobility will serve as a basis for making an objective diagnosis on this issue in our country.

Keywords: Mobility - Urban - Trends - Transport - Sustainability

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolló en el ámbito del Proyecto de Investigación y Desarrollo – PID denominado Diseño de estrategias para la promoción de la movilidad sostenible en aglomerados urbanos - Caso de estudio Gran Santa Fe, el cual es dirigido por el Ing. Fernando Imaz y se desarrolla dentro del Grupo Científico de Estudios de Transporte, Accidentología y Movilidad dependiente del Departamento Ing. Industrial de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional.

La Movilidad Sostenible ha sido en los últimos cincuenta años un tema de discusión que ha ocupado a muchas ciudades en el mundo a crea espacios de debate y delinear algunas políticas públicas orientadas a generar conciencia sobre la temática.

La motivación de abordar dicho tema se basa fundamentalmente en la contaminación ambiental provocada en mayor medida por el avance del uso del vehículo automotor particular, en las grandes ciudades.

El rápido proceso de urbanización iniciado en la segunda mitad del siglo XX a nivel mundial trajo como resultado un incremento en el número de ciudades y de sus habitantes sin precedentes en la historia reciente.

Algunos especialistas relacionados con la ecología [1] afirman que los problemas de movilidad que actualmente presentan la mayoría de las ciudades son consecuencia de dos procesos que se han ido retroalimentando con el tiempo: 1) el consumo de suelo urbano para el transporte, es decir la gran cantidad de espacio urbano que requiere el transporte en detrimento del que necesitan otras actividades humanas, las cuales se ven obligadas a expandirse por el territorio, y 2) la especialización de los usos del suelo ha conducido a la creación de espacios monofuncionales, donde sólo se desarrollan un tipo de actividad, y de esta forma se hace cada vez más necesario el tener que desplazarse ya que cada vez menos actividades quedan cerca unas de otras.

En este contexto, los gobiernos locales, nacionales y regionales buscan implementar proyectos de movilidad sostenible de personas que se adapten a las características y necesidades de sus ciudades y países; y que les permitan crear medios de transporte energéticamente eficientes y amigables con el ambiente, y así disminuir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el nivel de contaminación en las ciudades.

Las administraciones locales han desarrollado lineamientos generales que tienen el objetivo de permitir que convivan, en un mismo espacio, tanto personas como todos los medios de transporte. Las ideas principales están relacionadas con: Fomentar la movilidad ciclista, incorporar vehículos eléctricos, proponer áreas específicas de baja velocidad de circulación, recuperar el espacio público por parte de las personas (peatonalización), restringir la circulación en función de las emisiones y de vehículos de carga en zonas céntricas, entre muchas otras.

El tema de la movilidad sostenible ya empieza a ponerse en boga entre los gobiernos de América Latina, producto del colapso progresivo en los sistemas de transporte de sus ciudades, y de la presión política a nivel internacional que representa la responsabilidad ineludible de cumplir con tratados o lineamientos internacionales de descarbonización.

Sin embargo, si bien se observa una preocupación general sobre el tema, los avances son dispares tanto en lo que respecta a países como al alcance de las medidas propuestas, y obviamente en los resultados obtenidos.

Este trabajo pretende analizar como se abordó el tema en distintas ciudades europeas, latinoamericanas y de nuestro país, para concluir con un diagnóstico de la situación en la materia.

2. DESARROLLO

2.1. Concepto de Movilidad Sostenible.

Según destaca Guerra [2], el Banco Mundial establece que: *“la visión de movilidad sostenible gira en torno a cuatro metas mundiales: 1) acceso equitativo; 2) seguridad y protección; 3) eficiencia, y 4) contaminación y capacidad de respuesta a problemas climáticos”*

En general el término se refiere a un modelo de movilidad urbana que minimiza su impacto sobre el medio ambiente y que opera en armonía con la naturaleza; al tiempo que se enfoca en resaltar el bienestar y la calidad de vida de los usuarios. La meta última de este tipo de movilidad es la satisfacción de las necesidades de transporte de la población con calidad y eficiencia, sin sacrificar el medio ambiente ni los recursos que necesitarán las generaciones futuras. El concepto es amplio, por lo que permite su aplicación y adaptación a las necesidades de transporte en todo tipo de urbe.

Gonzalez [3], afirma que *“la movilidad sostenible es el conjunto de desplazamientos que se producen en un contexto físico. Mientras que los sistemas de transporte son los medios que la hacen posible. Dichos desplazamientos tienen como objetivo, permitir la accesibilidad. Que no sólo implica el transporte, sino que es el resultado de la relación entre muchas variables, donde el ordenamiento territorial y la organización socioeconómica son fundamentales”*.

2.2. Antecedentes y marco de referencia.

Libros Blancos de la Comisión Europea: son documentos que contienen propuestas de acciones de la Unión Europea (UE) en un campo específico y que enuncian políticas gubernamentales. En marzo de 2011 se publicó la “*Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*” [4]. En este contexto, la Comisión Europea adoptó una estrategia detallada (Transporte 2050) para un sistema de transporte competitivo que apunta a aumentar la movilidad, eliminar los principales obstáculos en áreas clave y fomentar el crecimiento y el empleo. Al mismo tiempo, las propuestas reducirán de manera dramática la dependencia europea al petróleo importado y mitigarán las emisiones de carbono producidas por el transporte en un 60% para el año 2050. De ahí a que el subtítulo del Libro Blanco sea: “por una política de transportes competitiva y sostenible”.

Este documento detalla 10 objetivos estratégicos y valores de referencia. En particular, el objetivo 1 plantea reducir a la mitad el uso de automóviles de “propulsión convencional” en el transporte urbano para 2030; eliminarlos progresivamente en las ciudades para 2050; lograr que la logística urbana de los principales centros urbanos en 2030 esté fundamentalmente libre de emisiones de CO₂.

Esta idea ya aparece recogida en el Libro Verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente de la Unión Europea (1992) al señalar que “*el objetivo de una estrategia basada en un enfoque global sería el de fomentar la movilidad sostenible mediante la integración de los transportes en un contexto general de desarrollo sostenible*”.

Además del enfoque global, al que hace alusión explícita, el Libro Verde insta a que el diseño de una estrategia de movilidad sostenible actúe sobre la totalidad de los impactos negativos del transporte: contaminación, demanda no imprescindible de transporte, volumen de tráfico, congestión de ejes principales, utilización eficaz de la capacidad de transporte así como de las infraestructuras existentes, seguridad en el transporte de mercancías peligrosas, etc.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades.

En este marco, el Objetivo número 11 persigue que se debe lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Se plantea que el mundo cada vez está más urbanizado, y que desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60 % para 2030.

Las ciudades y las áreas metropolitanas son centros neurálgicos del crecimiento económico, ya que contribuyen al 60 % aproximadamente del PIB mundial. Sin embargo, también representan alrededor del 70 % de las emisiones de carbono mundiales y más del 60 % del uso de recursos.

La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado.

Ya en nuestro país se presenta el Diagnóstico sobre ciudades y desarrollo urbano – Argentina 2030 [5], que es un documento elaborado por la Presidencia de la Nación que repasa la situación del desarrollo urbano en nuestro país, con énfasis en el bienestar y la calidad de vida de los hogares, y plantea una serie de interrogantes sobre el desarrollo de las ciudades argentinas hacia 2030. Entre los interrogantes, de cara al 2030 plantea sobre los sistemas de transporte, cómo se pueden integrar los criterios de eficiencia, sostenibilidad y accesibilidad en el diseño de políticas de transporte público, promoviendo el uso de energía renovable y un transporte público más ecológico. Además plantea interrogantes sobre cómo deberían incorporarse las nuevas tecnologías para mejorar la movilidad y accesibilidad en las ciudades fomentando el crecimiento urbano sostenible.

En febrero de 2021, desde la Presidencia de la Nación se publica el documento: “¿HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE Y SEGURA? Una mirada global y local sobre el uso de la bicicleta como modo de transporte”. El documento concluye que en línea con los objetivos de desarrollo sustentable planteados por la Agenda 2030, el fomento del uso de la bicicleta puede contribuir positivamente al desarrollo de una movilidad sustentable. Además, percibe que se evidencia que un significativo cambio modal hacia un mayor uso de la bicicleta en reemplazo del automóvil trae beneficios tanto a las personas como a las ciudades, haciendo de ellas espacios más amables y eficientes, con estilos de vida más saludables para sus habitantes, mejor calidad de aire y disminución de siniestros viales.

2.2.1. Proceso de urbanización mundial:

El rápido proceso de urbanización iniciado en la segunda mitad del siglo XX a nivel mundial trajo como resultado un incremento en el número de ciudades y de sus habitantes sin precedentes

en la historia reciente. Este fenómeno hace que el mundo enfrente hoy múltiples retos, entre ellos el de la movilidad urbana. La Figura 1 muestra la tendencia y proyección urbana y rural para diferentes regiones como porcentaje de la población total para el período 1950 - 2050.

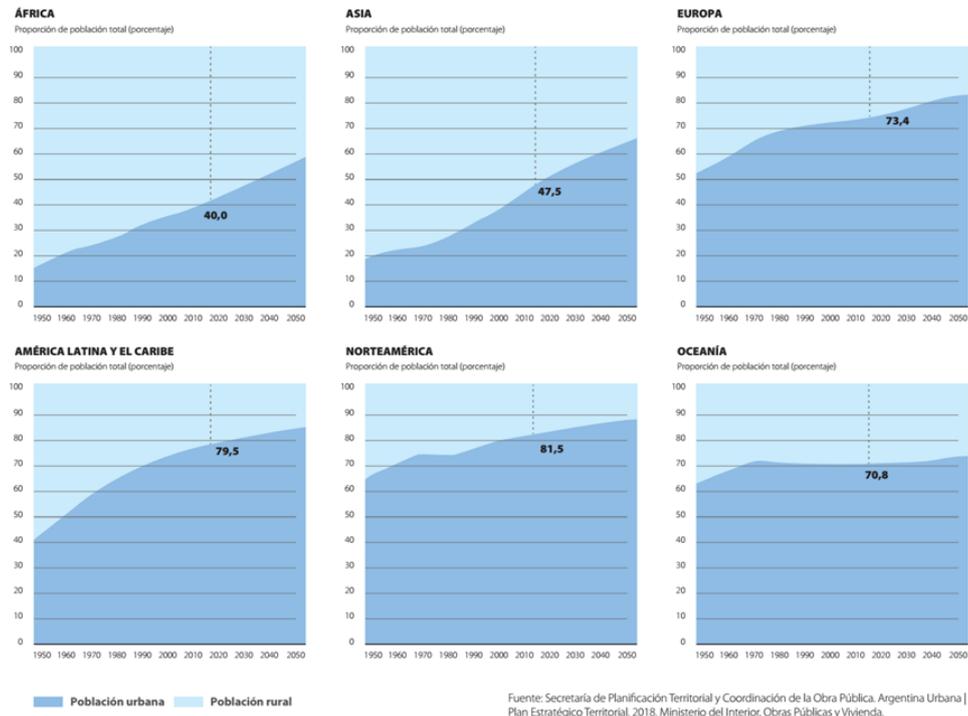


Figura 1: Tendencias de la población urbana y rural en distintas regiones, (1950 a 2050) [6]

En la Argentina el proceso de urbanización alcanza los mayores valores, como muestra la Figura 2. Los motivos de este fenómeno son múltiples.

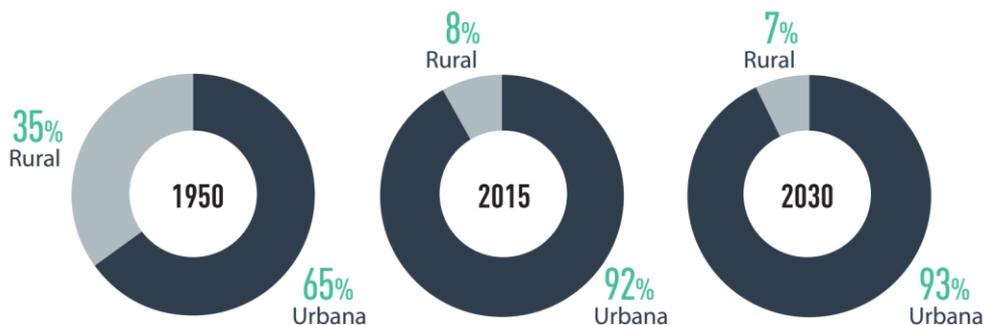


Figura 2: Distribución de la población en Argentina [6]

En la ciudad moderna, segregada espacialmente de ciertos usos y grupos sociales en unidades, los ejes viarios fomentan la circulación del transporte privado, en donde el automóvil es el instrumento central del sistema de movilidad. Esta es la manera que produce el sistema urbano para que los ciudadanos puedan desplazarse y llegar a su destino. Esta situación, generada en parte por la transferencia del modelo norteamericano hacia las ciudades europeas y latinoamericanas, origina que las ciudades actuales sean calificadas como fragmentadas, crecientes y desiguales.

En este contexto, el fenómeno de la motorización de la movilidad ha crecido a un ritmo acelerado, incrementando los niveles de inseguridad vial y la contaminación del aire, principalmente en los países latinoamericanos. Esta situación ha generado que, las principales ciudades tomen decisiones importantes individuales y colectivas, tratando de abarcar simultáneamente dos fenómenos concurrentes.

- La ampliación de la capacidad para la movilidad de automóviles particulares, a través de la contribución de autopistas urbanas y expansión de la geometría de calles o avenidas para albergar una cantidad creciente de vehículos.

- La extensión, ampliación o mejoras de los sistemas de transporte masivo, como metro y buses urbanos, incluyendo la implantación de novedosos sistemas integrados de transporte urbano.

Esta evolución de la urbanización y de la movilidad urbana ha traído consecuencias ambientales y sociales.

2.3 Aplicación en Europa - Políticas europeas sobre movilidad sostenible

La mortalidad infantil en siniestros viales y la crisis de petróleo derivaron en ciertas medidas cuyos objetivos fueron favorecer y fortalecer la movilidad sostenible en Europa (Gijzen et al., 2014). En este sentido y según lo describe la Carta Europea de los derechos de los Peatones (1988), se comienza a reconocer el derecho a vivir en un ambiente sano, a disfrutar el espacio público y a vivir en centros urbanos planificados a medida de las personas y no del automóvil.

Con relación a esto, se generaron nuevos lineamientos, impulsados mayoritariamente por el Parlamento Europeo. Estos, tenían como último fin la reducción en los niveles de gases de efecto invernadero (GEI), el fomento de transportes alternativos y la reducción del uso del vehículo particular a combustión fósil. Los documentos que establecían y reglamentaban estas proyecciones son: El Libro Verde sobre medio ambiente urbano (1990), Ratificación del Protocolo de Kioto (1997) y Guía de las Políticas Cicloviales Urbanas: “En bici: hacia ciudades sin malos humos” (1999).

Por otro lado, en 2001 se publicó el primer Libro Blanco del Transporte - donde se definió la política de transportes con el horizonte en 2010, en línea con lo antes mencionado y agregando la adaptación del transporte público a las personas con discapacidad - y el Libro Verde “hacia una nueva cultura de la movilidad urbana”, mayormente orientado a la reducción de emisiones contaminantes referidas a la movilidad en centros urbanos y rurales. La nueva versión del Libro Blanco: hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte (2011) agrega, entre otros puntos esenciales, la necesidad de la elaboración de Planes de Movilidad Urbana, complementándose en 2013 con el Paquete de Movilidad Urbana, cuyo objetivo es diseñar instrumentos para apoyar a Entidades Locales en la elaboración de Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), intercambiando información y experiencias a través de una plataforma digital.

Los PMUS establecen las políticas de movilidad para las personas, en lugar de centrarse en el tráfico o la infraestructura urbana. En ellos, se destacan: la importancia de considerar los costos externos de todos los modos de transporte, el enfoque participativo, la visión a largo plazo, la integración y el seguimiento regular, evaluando su desempeño actual y futuro. Por otro lado, se proponen medidas a implementar, entre las cuales se destacan: el fomento del uso de la bicicleta, el transporte público, la micromovilidad y los vehículos eficientes, limpios y/o de uso compartido; la integración de los modos de transporte, la regulación de accesos, la creación de zonas de tráfico limitado, zonas verdes de bajas o cero emisiones.

Las personas son el foco principal de los PMUS, tal como se puede observar en el esquema planteado en la Figura 3.



Figura 3: Principales características de los PMUS [7]

Las propuestas más recientes en la materia incluyen al Pacto Verde Europeo en 2019, apoyado por la Ley Europea del Clima cuyo fin es reducir un 90% las emisiones de GEI para 2050, que busca un aumento del uso de vehículos de cero emisiones, la disposición de soluciones alternativas sostenibles, la transición hacia la digitalización y automatización, mejora de la accesibilidad y la conectividad. También cabe mencionar la última publicación de United Nations Economic Commission for Europe - UNECE (2021) sobre movilidad y planeamiento territorial, un

manual para el desarrollo de mecanismos de implementación para apoyar el trabajo que se viene implementando por los países miembros. En la misma línea, PEP (Transport, Health and Environment Pan-european Programme), destacó en sus publicaciones la importancia de apoyar el transporte saludable en el contexto del COVID-19 (2020), así como también lo fundamental que puede ser la creación de un planeamiento a escala continental para el fomento de la movilidad ciclista, anexando además una caja de herramientas (“toolbox”) de acciones para la promoción de este modo, según las mejores experiencias disponibles (UNECE, 2021).

A pesar de todos los avances en materia normativa, los resultados suelen variar según las regiones, y verse afectados por la situación particular de cada país o ciudad. Un claro ejemplo de estas diferencias puede verse en el marco normativo de cada país con respecto a las zonas de bajas emisiones. Existiendo en la Unión Europea más de 200 LEZ (Low Emission Zones), algunos países como Alemania e Italia concentraban en 2014 más de la mitad de estos planes, mientras que, en otros países miembros, las medidas implementadas quizás se orientaban hacia otras acciones (Holman, C. et al., 2015).

En cuanto a la implementación de PMUS, se encontraron avances significativos en cuanto al potencial de reducción de emisiones de CO₂ a través de estos planes. Un estudio del Joint Research Centre (Lopez-Ruiz et al., 2013) estimó que, si las medidas fueran implementadas en toda Europa, se alcanzaría una reducción de emisiones de alrededor de 8%, en comparación con 2010. Un valioso material en cuanto a la implementación de los PMUS es procesado y analizado por CIVITAS (SUMP-UP y PROSPERITY), que señala un aumento del 25% en la cantidad de PMUS implementados entre 2013 y 2017 (Durlin et al., 2018).

Por otro lado, desde hace algunos años las ciudades europeas han tendido a regular un nuevo modo de transporte: la micromovilidad. Tal es el caso en París, donde desde 2019 existe una reglamentación para las patinetas o monopatines eléctricos de alquiler, proponiendo aspectos mínimos sobre seguridad y también sobre el ordenamiento de estos vehículos en el espacio público. Además, la administración de la ciudad definió zonas con velocidades máximas (30, 50 y 70 km/h) a fin de mejorar la convivencia entre los distintos actores urbanos: peatones, ciclistas, vehículos motorizados, etc. Esta partición se puede observar en la Figura 4.

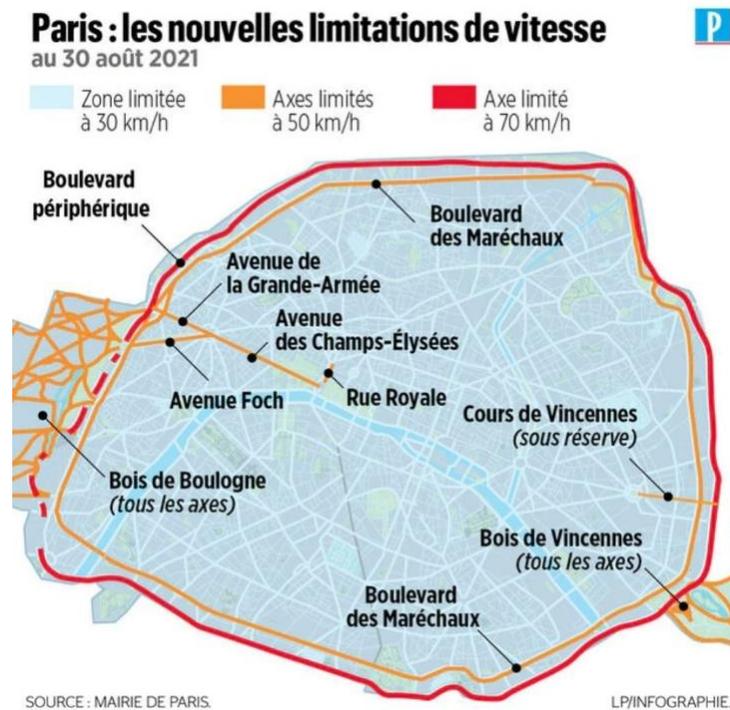


Figura 4: Zona 30 en París a partir del 30 de agosto de 2021 [8]

La determinación de la eficacia para la reducción de las emisiones de GEI de una medida en particular se vuelve realmente difícil, por comprender que, al intentar aislar los resultados de cada acción, se incurre en una simplificación de un fenómeno integral como es la movilidad urbana. Sin embargo, las medidas implementadas y descritas anteriormente han comprobado su buen desempeño, en mayor o menor medida, dependiendo en parte de la integralidad del enfoque al implementarlas y de las necesidades reales de las personas que realizan sus viajes diarios en una ciudad determinada. Los antecedentes normativos generados y el análisis complementario de los mismos brindan un buen sustento teórico-práctico sobre el cual poder evaluar y repensar la temática, ya que las cifras y los indicadores obtenidos pueden ser útiles a la hora de comparar los marcos legales y las acciones específicas con las experiencias en otros países o regiones.

2.4 Aplicación en Latinoamérica

En un enfoque amplio sobre Latinoamérica, se presenta una ausencia de normativas específicas de la temática. Esto trae a cuestras el hecho de tratarse de ciudades que no muestran el mismo grado de avance en materia de sustentabilidad.

De todas maneras, a pesar de la ausencia de tratados regionales, sí se encuentran programas o proyectos con lineamientos similares, varios de ellos impulsados con el fin de lograr los objetivos de desarrollo sostenible en la Agenda 2030 de la ONU.

Las principales líneas de acción están orientadas al cambio de tracción en los vehículos, es decir pasar de motores de combustión interna a electricidad y al ordenamiento territorial, cambio de uso del espacio público y fomento del transporte ciclista.

En este contexto los países que más han avanzado en el fomento de la movilidad eléctrica son Colombia y Costa Rica, que cuentan con leyes integrales de movilidad eléctrica vigentes. Pero además hay varios otros países con iniciativas en marcha para la formulación de instrumentos legales similares. Asimismo, existe un grupo más amplio de países con instrumentos legislativos o regulatorios parciales, algunos brindan incentivos fiscales y/o no fiscales, otros regulan la eficiencia del parque automotor y otros fomentan el desarrollo de industrias y emprendimientos asociados a la movilidad eléctrica.

Colombia, Chile, Costa Rica y Panamá ya cuentan con estrategias o planes nacionales de movilidad eléctrica, mientras que Argentina, México y Paraguay están en el proceso de formulación y lanzamiento de sus propias estrategias.

En cuanto a la infraestructura, Uruguay fue el primer país de la región en instalar un electrocorredor. En segundo lugar, Barbados, Costa Rica, Chile y México ya cuentan con redes para la recarga de vehículos eléctricos – otros países se encuentran en proceso.

Por su parte, en la capital chilena, existe un acuerdo llamado “compromiso público privado por la electromovilidad”, el cual busca renovar la flota del Transporte Público de Pasajeros (TPP) y reemplazar los vehículos particulares por vehículos de propulsión eléctrica, como también fomentar la investigación y el desarrollo de capital humano.

En la figura 5 se muestran algunas de las redes existentes.



Figura 5: Electro corredores en Latinoamérica [9]

Con relación a la otra línea de acción en movilidad sostenible, aparecen otros países como Perú, poniendo como eje principal en el reordenamiento urbano, incrementando la red ciclista y

peatonal, disminuyendo el área destinada a estacionamientos en la vía pública y el acceso del transporte de cargas a las zonas centrales.

En particular, la ciudad de Lima es una de las tantas ciudades del planeta dónde se celebra la Semana de la Movilidad Sostenible, cuyo día central es el Día Mundial sin Auto. En este contexto se desarrollan una serie de actividades para sensibilizar a autoridades y ciudadanos que promuevan desplazamientos ambientalmente más saludables y seguros. Además, también se observan iniciativas privadas comprometidas con el fomento del uso de bicicletas, incentivando a sus empleados a utilizarlas e implementando estacionamientos y vestuarios con duchas.

Respecto a la movilidad ciclista, existe un informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) [10], que indica Colombia está a la cabeza en la región en el uso de la bicicleta como medio de transporte. Bogotá es la ciudad con más ciclovías en América Latina, con 392 kilómetros de extensión. En la capital colombiana, un 5% de los desplazamientos se realizan a pedal.

Río de Janeiro es la segunda ciudad con más ciclovías en el subcontinente, con 307 kilómetros que permiten a los ciudadanos realizar un 3% de sus movimientos en sus bicis. En tercer lugar está San Pablo, que a pesar de contar con 207 kilómetros de pistas, está bastante por debajo de la otra ciudad brasileña: un 1% de los recorridos usan este vehículo.

Entre las ciudades con mayor uso de bicicletas también se encuentra Rosario (Argentina) con el 5,3% de los viajes y Buenos Aires con 130 kilómetros de sendas, sobre las cuales se realiza el 3% de los viajes urbanos. Además, Buenos Aires es una ciudad ejemplar para la circulación en bicicleta, y cuenta con una infraestructura que está conectada conformando una red eficiente y brindando seguridad. Además, la condición del terreno es ideal, por no tener pendientes importantes.

En la Figura 6 se puede ver el porcentaje de viajes en bicicleta y los km de ciclovías en las principales ciudades de Latinoamérica.

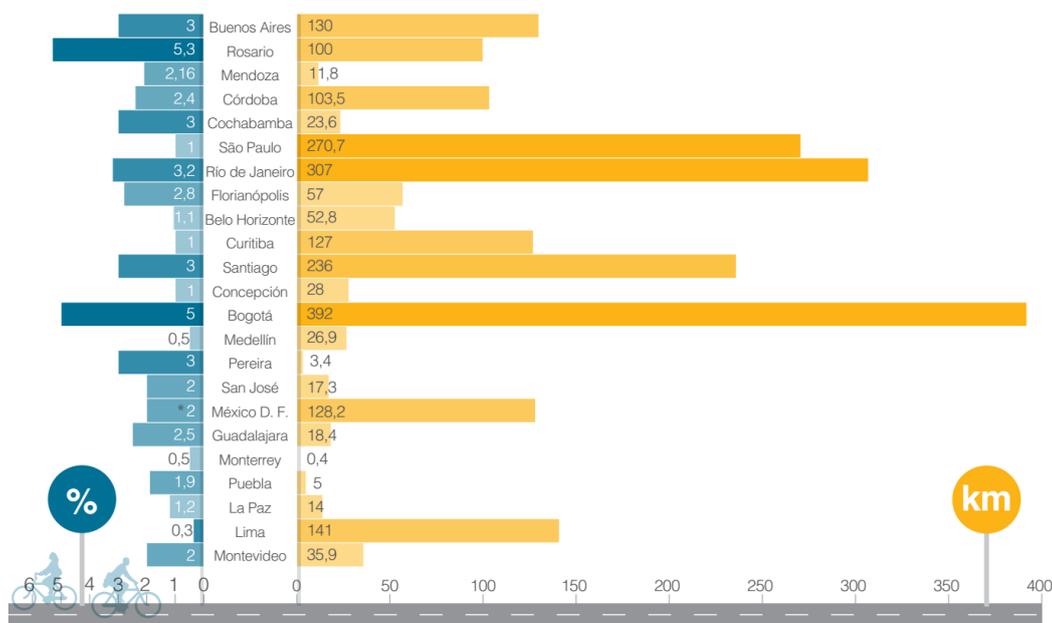


Figura 6: Porcentaje de viajes en bicicleta y km de ciclovías en Latinoamérica. [10]

La bicicleta se muestra como una alternativa saludable para resolver los problemas de congestión en las grandes ciudades, fundamentalmente para distancias menores a los 5 km. La figura 7 muestra esta ventaja en términos comparativos con otros modos.

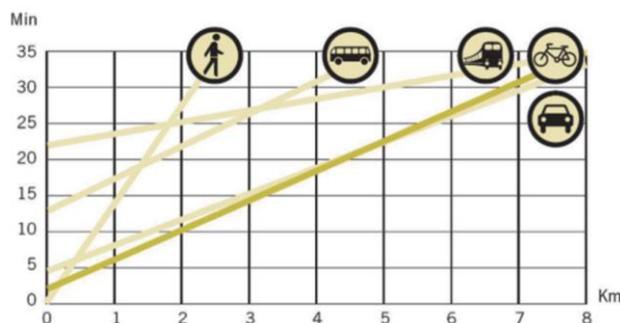


Figura 7: Tiempo medio de desplazamiento por modo de transporte en ámbito urbano. [11]

2.5 Situación en Argentina

Argentina suscribió la Agenda 2030 en 2015 y comenzó a implementarla a partir de enero 2016. Para ello, redactó su propio plan de acción, destacándose los siguientes objetivos (enmarcados en el ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles):

1. Crear una Red de Ciudades Sustentables
2. Movilidad sustentable
3. Disminución del consumo de energía en el transporte
4. Disminución de la contaminación ambiental y sonora provocada por el transporte motorizado
5. Reducir la emisión de GEI provocada por el transporte motorizado.

Con enfoque en el cumplimiento de los ODS en 2017 se desarrollaron planes de acción sectoriales, entre ellos uno específico en materia de transporte que se denominó: “*Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático*” y otro en materia de energía: “*Eficiencia Energética en Argentina*”, que posee una división específica para el sector transporte.

El primero, representa el conjunto de iniciativas que la Argentina tiene previstas para contribuir a reducir las emisiones de GEI, y adaptarse a los efectos del cambio climático en el sector transporte, de acuerdo con los compromisos asumidos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC.

Mientras tanto, el segundo corresponde a un proyecto financiado por la Unión Europea que tiene como objetivo apoyar al Gobierno de Argentina en sus esfuerzos para modernizar su sector energético a través de la creación de un entorno propicio para la eficiencia energética y la facilitación de tecnologías y transferencia de conocimiento para sectores clave, entre ellos el transporte.

Además, se redactó la Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable, que establece un marco legal, económico y de difusión pública para promover la utilización de medios de movilidad sustentables en todo el territorio nacional.

En primer lugar, declara de interés nacional y como objetivo de la República Argentina la política de reducción de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero provenientes del sector del transporte automotor. Además establece como prioridad nacional la utilización de alternativas de movilidad sustentable en el transporte público, sean automóviles, ómnibus, camiones, trenes, bicicletas o cualquier otro sistema de movilidad pública, preferentemente producidos en el territorio nacional. Entre las metas a alcanzar define en carácter de presupuesto mínimo ambiental en los términos del artículo 41 de la Constitución Nacional, la meta de cero emisiones de gases de efecto invernadero para el 31 de diciembre de 2030 para el sector del transporte automotor público urbano.

Cabe destacar que cada provincia del territorio argentino debe adherirse a la Agenda 2030 Argentina y a los planes y normativas, quedando a su disposición cómo trabajar la temática y la inversión monetaria destinada.

En cuanto a las experiencias más concretas se destaca la de la ciudad de Buenos Aires, que cuenta con un Plan de Movilidad Sustentable, que prioriza el transporte público y promueve el uso de éste y los medios de movilidad saludables, como andar en bicicleta y caminar. Por otra parte, su Plan Urbano Ambiental, posee artículos sobre transporte y movilidad. Anualmente se celebra el día del peatón, como manera de concientizar a la población, y fundamentalmente a los conductores de vehículos sobre la vulnerabilidad de éstos.

En lo que respecta a la provincia de Santa Fe, adhirió a la Agenda 2030 de Argentina y redactó una propia en 2017, siguiendo los lineamientos generales, pero adecuándolos a su territorio. La misma posee 3 ejes, dónde se destaca la conectividad, accesibilidad, calidad ambiental y desarrollo sustentable.

Luego, en materia de movilidad y transporte, la provincia redactó 2 normativas (2018):

Ley para promover el desarrollo de la movilidad sustentable en el territorio: en la cual se destaca el transporte bicicleta y transporte público colectivo, dejando sin especificar otros temas relacionados necesarios para completar un sistema integrado de movilidad sostenible.

Ley para fomentar la industrialización de vehículos eléctricos y con tecnologías de energías alternativas en el ámbito provincial.

A ambas deben adherirse particularmente las ciudades y comunas, quedando a su disposición cómo implementarlas.

En el ámbito provincial se destacan las ciudades de Rosario, Santa Fe, Rafaela y Avellaneda, las que plantean diferentes propuestas, con un fin común. Una descripción somera de las acciones desarrolladas en estas ciudades se describe a continuación.

Rosario: es la ciudad más grande, desarrollada y con mayor cantidad de habitantes de la Provincia de Santa Fe. Desde hace unos años aplica estrategias de movilidad sostenible, como ser: concientizar a la sociedad con la “Semana de la Movilidad Sustentable”, ofrecer 100 km de senderos exclusivos para bicicletas, más ciclovías temporarias que se incorporan en el marco de las medidas de distanciamiento social, contar con más de 1.700 bicicleteros simples con capacidad para 3400 rodados, disponibles en la vía pública para brindar al usuario una estructura cercana, segura y accesible. Además, en 2011 comenzó a implementar un “Plan Integral de Movilidad”, donde se

instala a la movilidad urbana y territorial como parte fundamental de la planificación urbanística y de los lineamientos estratégicos de la ciudad.

Santa Fe – Ciudad: es la capital de la provincia homónima y cuenta con una gran cantidad de normativas referidas a la planificación y ordenamiento de la movilidad en el territorio. Según medio de transporte se pueden identificar:

- Bicicleta: planificación de infraestructura, equipamiento urbano y estacionamientos.
- Colectivos: carriles exclusivos, red de estaciones de transferencia multimodal.
- Vehículo particular: ciudad 30 y estacionamiento medido en el área del microcentro de la ciudad.

Estas medidas que impactan positivamente en el cuidado del medio ambiente, generan resistencias de parte de los conductores de vehículos particulares por lo que la implementación plena de las mismas requiere de tiempo y esfuerzo para concientizar a la sociedad.

Rafaela: es otra ciudad comprometida con el desarrollo sostenible, para lo cual ha creado el “Instituto para el Desarrollo Sustentable”. El mismo está comprometido con los ODS y lleva a cabo actividades enfocadas en ellos, además de articular con otros actores de la ciudad para tratar cuestiones relevantes de carácter fundamental relacionados con el cuidado del medio ambiente.

Aquí se encontraron estrategias referidas al transporte en bicicleta y a los vehículos eléctricos / de energías alternativas.

Avellaneda: si bien es una ciudad pequeña del norte de la provincia, se destaca por poseer un Plan de Movilidad Urbana Sostenible y Bajo en Carbono basados en los medios de transporte ambientalmente amigables, accesibles e inclusivos según los ODS 7, 11 y 12. Además, en la actualidad es la ciudad que cuenta con más infraestructura exclusiva ciclista construida del norte de la provincia de Santa Fe.

3. CONCLUSIONES.

La movilidad sustentable es aquella que tiende a minimizar el impacto que tienen los transportes motorizados sobre el ambiente, reduciendo la contaminación atmosférica y sonora; busca aumentar los espacios públicos donde el transporte vehicular minimice la ocupación de superficie y ceda paso a la movilidad no motorizada.

El proceso de recuperación de amplios espacios urbanos, desde el planteo de la movilidad sostenible es irreversible. Las acciones en favor de darle prioridad al movimiento de peatones y ciclistas en áreas urbanas necesitan de una transformación importante del espacio público, que favorezca la reapropiación de la ciudad por parte de sus habitantes.

Los procesos de cambio son cada vez más aceptados, tanto en Europa como en Latinoamérica y los impactos positivos más rápidos.

Estos procesos se inician debido a la concientización global sobre los problemas ambientales o en virtud de la lucha contra la congestión que realizan las administraciones locales y concluyen con Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) que representan herramientas fundamentales y necesarias pero no suficientes, para conseguir, por si sola, la coherencia y la integralidad de la aplicación de medidas en un tema tan complejo como la movilidad urbana.

La promoción del vehículo eléctrico surge como una necesidad ineludible para encontrar alternativas viables a la dependencia del petróleo y cumplir con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otra parte, la Gestión de la movilidad, haciendo viajes más inteligentes y utilizando del mejor modo las modernas tecnologías de la información y las comunicaciones, por ejemplo aprovechando las ventajas de los smart phones y la creación de ciudades e infraestructuras inteligentes (smart cities), etc.

La eficiencia del transporte exige profundizar el trabajo para mejorar la calidad del transporte y de la gestión de la información al usuario.

Por otra parte, como se ha visto las iniciativas que diseñan las condiciones para una movilidad sostenible pueden venir desde distintos sectores, pero y cada una de estas vías cuenta con sus propios instrumentos para producir el cambio necesario. Sin embargo es necesario contar con reglamentaciones y políticas comunes e integradas conseguir una sinergia entre todos estos objetivos ambientales, sociales, de ahorro de tiempo, de comodidad, de seguridad y de eficacia que impulse la prioridad de los modos menos insostenibles.

Los cuatro pilares principales de una política de movilidad sostenible se muestran en la Figura 8 y son: 1) Dotación de infraestructura y servicios necesarios para ser alternativa al uso del vehículo particular, 2) Participación ciudadana para intervenir en las decisiones públicas, deliberar, discutir y cooperar con las autoridades, 3) Creación de aspectos normativos y regulación para darle un marco legal al tema y 4) Operación que implemente las medidas adoptadas y controle eficazmente su utilización.



Figura 8: Pilares principales de una política de movilidad sostenible. [10]

En este marco, luego del análisis de la normativa vigente tanto en Europa, en Latinoamérica como en Argentina, se puede concluir que las mismas giran en torno a las mismas ideas vectoras:

1. Integrar el planeamiento urbanístico, las estrategias de movilidad urbana y el planeamiento estratégico.
2. Contribuir a la protección del medio ambiente reduciendo las emisiones de efecto invernadero y el consumo de energía, utilizando modos de transporte no motorizados.
3. Garantizar la salud de los ciudadanos mejorando la calidad del aire, reduciendo el ruido y promoviendo prácticas saludables.
4. Incrementar la eficiencia de la movilidad urbana promoviendo la intermodalidad y la gestión inteligente.
5. Sensibilizar y concientizar sobre la importancia de la movilidad sostenible y segura.

El cambio tiene que basarse en una serie de medidas claras, en caso contrario los desplazamientos a pie y en transporte colectivo tienden a ser sustituidos por desplazamientos motorizados, como consecuencia de la poca incentivación, el empeoramiento de las condiciones de confort, salubridad y seguridad en espacios urbanos saturados de tráfico.

El transporte público debe estar incluido en las propuestas de mejora, porque si no se toman decisiones de cara a la mejora palpable de sus condiciones de operación (velocidad comercial, costos, accesibilidad), resulta afectado por la situación de competencia desleal del coche que mantiene.

Estos retos se han definido sobre la base de los aspectos que todavía están pendientes de mejorar, y que requieren de cambios fundamentales en el pensamiento político de los gobernantes de turno para lograr los objetivos propuestos.

4. REFERENCIAS.

[1] - Mohieldin Mahmoud - Vandycke Nancy, (2017) - Movilidad sostenible para el siglo XXI.- Banco Mundial. Disponible en <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/07/10/sustainable-mobility-for-the-21st-century>

[2] - Guerra, Xavier. (2020). “Movilidad Sostenible”. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo - Facultad de Administración de Empresas - Carrera de Gestión del Transporte. Ecuador. Disponible en:

http://cgt.esepoch.edu.ec:8080/moodle/pluginfile.php/1380/mod_resource/content/2/M%C3%93DULO%20MOVILIDAD%20SOSTENIBLE.pdf

[3] - Gonzalez, Mariano. (2007). Ecologistas en Acción: “Ideas y buenas prácticas para la Movilidad Sostenible”. Ministerio de Medioambiente. España. Disponible en: https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf_Cuaderno_3_Buenas_Practicas.pdf

[4] - Libro Blanco: “Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible” (2011) Unión Europea. Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52011DC0144>

[5] - Diagnóstico sobre ciudades y desarrollo urbano – Argentina 2030 - Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de la Obra Pública. Argentina Urbana | Plan Estratégico Territorial. (2018). Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/doc_diagnostico_ciudades_2030_1.pdf

[6] - Centro de Tecnologías Ambientales y Energía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) para la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) – Movilidad Sustentable: Desafíos para la Argentina (2019). Disponible en https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2020/03/Movilidad_Sustentable_Cambios_2602.pdf

[7] - Planes de Movilidad Urbana Sostenible. Congreso SUM Bilbao 19 – “Una nueva forma de planificar la movilidad urbana” (2019). Disponible en <https://sumbilbao19.com/sustainable-urban-mobility-plans-a-new-way-of-planning-urban-mobility/>

[8] – Maviel Nicolas (2021) París: descubre las nuevas zonas limitadas a 30 km / h a partir del 30 de agosto disponible en <https://www.leparisien.fr/amp/paris-75/a-paris-le-30-aout-cest-30-kmh->

annonce-david-belliard-08-07-2021-

HNWUWODRZ5FAZJ3BOB5M2Z32E4.php?__twitter_impression=true

[9] – Fenes Gastón (2020) Radiografía de la movilidad eléctrica: datos, normativas y perspectivas en Latinoamérica – disponible en <https://portalmovilidad.com/radiografia-de-la-movilidad-electrica-datos-normativas-y-perspectivas-en-latinoamerica/>

A ERA DE LA INFORMACIÓN
[10] – Banco Interamericano de Desarrollo (2015) – Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe. Guía para impulsar el uso de la bicicleta. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Ciclo-inclusi%C3%B3n-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Gu%C3%ADa-para-impulsar-el-uso-de-la-bicicleta.pdf>

[11] - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y Agencia de Ecología Urbana de Barcelona - **Libro Verde** de Sostenibilidad Urbana y Local en la era de la Información (2012) – Disponible en: http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Libro_Verde_Final_15.01.2013_tcm7-247905.pdf

Área B



Gestión de las
Organizaciones
y del
Conocimiento
Organizacional



Título del Trabajo	Código
Optimización de Variables de Riesgo en Necesidades Sociales Aplicando Lógica Difusa	CO21-B02
Desarrollo de una plataforma digital como estrategia comercial en una Pyme metalmecánica	CO21-B03
Modelo de Gestión de la Convergencia e innovación en empresas de Base Científico – Tecnológicas	CO21-B05
Análisis de criterios presentes y futuros mediante modelos ocultos de Markov para instalar un comedor infantil en un barrio	CO21-B11
Sistema de Gestión Integral, primeros pasos para la toma de decisiones	CO21-B15
Análisis de gestión de riesgos y sostenibilidad en pymes del sector alimenticio	CO21-B17
La Gestión de Conocimiento y el Proceso Decisional en Organizaciones	CO21-B18
La articulación organizacional pública y privada: Caso de estudio: La red CARICET para la certificación de especialidades técnicas en la Universidad Tecnológica Nacional	CO21-B19
El enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento: hacia la competitividad organizacional.	CO21-B20
Efectos del género sobre la Orientación al Mercado en los gerentes de hoteles PYMES del estado de Sonora, México	CO21-B21
Procesos de Organización de la Pequeña y Mediana Industria en la Ciudad de la Latacunga	CO21-B26

Optimización de Variables de Riesgo en Necesidades Sociales Aplicando Lógica Difusa

Matassa, Marcelo Daniel; Splendiani, Joaquín

*“Facultad Regional Trenque Lauquen-Universidad Tecnológica Nacional” Racedo 298-(6400)-
mdmatassa@hotmail.com; joacomorard@gmail.com*

RESUMEN

La elección de variables para el análisis de recursos de necesidades sociales, varía de acuerdo a la evaluación de riesgo, la distancia y el stock para su ubicación y provisión, ante la determinación de la urgencia en estudio. Para optimizar el uso de las distintas variables, es necesario relevar y hacer un detalle de cada recurso, ubicación geográfica, ambiente y entorno social y evaluar con riesgo asociado las condiciones de cada región en estudio. Este análisis permite evaluar el uso adecuado y racional de recursos, ponderando y estandarizando los distintos procesos, para evaluar cada caso en particular y su posterior análisis para la ubicación de los recursos y las personas o instituciones que requieran ante el manifiesto de la necesidad y su urgencia. Las variables determinan la evaluación de riesgos que benefician al medio social y las condiciones necesarias para cubrir los sectores de la sociedad más carecientes.

Mediante mediciones sistemáticas, el trabajo presenta una alternativa de clasificación de riesgos por área o sector determinado a partir de la combinación de las variables aplicando técnicas de lógica difusa (Fuzzy Logic), con datos obtenidos en distintas instituciones de bien Público o Sociales involucradas

Palabras claves: Análisis de recursos – Necesidades Sociales - Variables - Riesgos – Lógica Difusa

ABSTRACT

Summary the choice of variables for the analysis of resources of social needs, varies according to the risk assessment, the distance and the stock for its location and provision, before the determination of the urgency under study. To optimize the use of the different variables, it is necessary to survey and make a detail of each resource, geographical location, environment and social environment and evaluate with associated risk the conditions of each region under study. This analysis allows to evaluate the appropriate and rational use of resources, weighing and standardizing the different processes, to evaluate each particular case and its subsequent analysis for the location of the resources and the people or institutions that they require before the manifest of the need and its urgency. The variables determine the assessment of risks that benefit the social environment and the necessary conditions to cover the most vulnerable sectors of society.

Through systematic measurements, the work presents an alternative risk classification by area or sector determined from the combination of the variables applying fuzzy logic techniques, with data obtained in different institutions of public good or Social involved

Keywords: Resource analysis – Social Needs – Variables - Risks – Fuzzy Logic

1. INTRODUCCION.

Determinar los riesgos asociados según la evaluación de las variables a determinar su óptima utilización. El uso del programa Matlab y la aplicación de Lógica difusa y el método Mamdani, permitirá analizar las condiciones de riesgo asociado para la provisión de recursos u servicios que son necesarios para atender las distintas necesidades sociales y las entidades de bien Público, que puedan proveerlo, dentro de la red del proyecto KOINONIA [1], con sede en la ciudad de Tandil, 9 de Julio y Trenque Lauquen en la Provincia de Buenos Aires.

La aplicación permite relacionar variables de diferente naturaleza, para definir la optimización de número de recursos en stock, Entidades de Bien Público que participan del programa, distancia a recorrer y determinación de riesgo o urgencia de la solicitud que surja para el análisis.

Se arman reglas con las combinaciones posibles y los valores que componen cada muestra, por su composición y factores proporcionados por los distintos participantes involucrados con el proyecto citado, con Entidades locales y zonales. Ley 26061 Protección integral de los Derechos del niño y niñas adolescentes año 2005 – C.Federal de la niñez, adolescencia y familia 2007 – Programa General de desarrollo Social 20 de Enero 2004. [2].

1.1. *Objetivo principal*

Determinar el tipo variables que optimicen la economía sustentable de una empresa y los riesgos asociados a las condiciones en cada proceso, aplicando técnicas de lógica difusa [3].

1.2. *Objetivos complementarios*

Determinar la metodología adecuada para cada muestra en estudio.

2.-. METODOLOGIA:

Agrupar las variables, de acuerdo a su proceso y uso de recursos que influyen en la optimización, para su objetivo.

Asignar magnitudes escalares, para encuadrar a cada muestra en estudio.

Modificar escalas o adaptar las magnitudes escalares, dentro de zonas difusas, para ver en qué proporción se muestra de forma más óptima.

CRONOGRAMA:

1era. Etapa: Etapa descriptiva, asignando a las distintas necesidades de aplicación:

2da. Etapa: determinar las variables en estudio y definir las para cada proceso, su composición física y las características que la componen. Agregar variable aleatoria con los mismos valores establecidos para las otras variables.

Tabular las variables y comparar con los valores de referencia que dan las tabulaciones de las entidades oficiales autorizadas.

3ra. Etapa: Seleccionar una herramienta aplicando lógica difusa, para determinar con métodos no lineales, los valores óptimos, para promediar las distintas variables en estudio.

4ta. Etapa: Evaluar cada proceso en estudio y asignar los valores, para medir y determinar la comparación observada en cada muestra con la normativa aplicada.

5ta. etapa: Tabular y registrar las conclusiones observadas.

Comparar con la norma de sustentabilidad elegida y ordenar de acuerdo a los resultados, el orden y prioridad de aplicación de las distintas muestras, y las variables en estudio con sus factores y recursos utilizados en cada proceso.

2.1. Metodología de análisis de las variables:

Elegimos cinco variables que influyen en forma directa, para poder clasificar y ponderar la optimización y uso:

2.2. Recursos: Utilizados para entrar a diferentes procesos, definidos como insumos o recursos, en stock de acuerdo a su uso o requerimiento posterior, o posibles sustitutos ante la urgencia o imprevistos para satisfacer la necesidad de la red.

2.3. Distancia: Dato necesario para que puedan coordinar y proveer los distintos insumos o recursos, previa clasificación y análisis de su naturaleza o clasificación posterior.

2.4. Stock: Es la cantidad de recursos existentes en cada entidad de Bien Público o posible de proveerlo ante una necesidad o urgencia solicitada. Indispensable para tener un archivo y recuento físico del bien.

2.5. Urgencia: Es una escala de medición para medir el nivel de urgencia medida en tiempo y para proveer atender los distintos requerimientos de recursos o servicio a las entidades participantes.

2.6. Donaciones: Variable aleatoria que puede estar programada o surgir ante una necesidad en forma inmediata o mediar un tiempo hasta su cumplimiento parcial o total.

3. SISTEMAS DE LOGICA DIFUSA

Un Sistema de Lógica Difusa (FLS) maneja datos numéricos y lingüísticos a la vez. Este sistema es un mapeo no lineal de un vector de datos de entrada en un escalar de salida. En el caso de un vector de salida, este puede descomponerse en una colección independiente de sistemas "múltiple entrada / simple salida".

La riqueza de la lógica difusa consiste en que hay numerosas posibilidades de manejar lotes de mapeos diferentes. Esto requiere una comprensión cuidadosa de lógica difusa y de los componentes de un sistema T. A. Vidal "Introducción a la Lógica difusa" [3].

Un sistema de control difuso mapea entradas crisp en salidas crisp. Contiene los componentes: reglas, fusificador, motor de inferencia, base de Reglas y defusificador. Una vez que las reglas han sido establecidas, un FLS puede ser visto como un mapeo que puede ser expresado cuantitativamente como

$$Y=f(X). \quad (1) \text{ función de } X.$$

Las reglas pueden ser provistas por expertos o extraídas de datos numéricos. En todo caso, son expresadas como una colección de sentencias IF-THEN. De las reglas se debe conocer:

- Variables lingüísticas en contraposición a los valores numéricos de una variable (Muy Urgente vs. 48 horas).
- Mixtas: Son las reglas que utilizan los conectivos "AND" y "OR" en forma conjunta. Pueden ser descompuestas usando las técnicas estándar de lógica crisp.
- Estados Difusos: Estas reglas no tienen antecedentes. Ej. v is G^l . Puede completarse de la misma forma que los IF incompletos.
- Comparativas: Son del tipo "el menor de u , el mayor de v ". Se pueden reformular estas reglas al formato estándar. En este caso: IF u is S THEN v is B , donde S representa el conjunto difuso "el menor" y B representa al conjunto difuso "el mayor".

Con excepción: Algunas reglas usan el conectivo "al menos que" y son llevadas al formato estándar por medio de las operaciones lógicas, incluyendo las leyes de De Morgan. Ej: v El fusificador mapea un punto crisp $x=(x_1, \dots, x_n) \in U$ en un conjunto difuso A^* en U . Cuando el conjunto difuso A^* contiene un solo elemento, la operación supremo en la composición sup-star desaparece. "Teoría de la Decisión Fuzzy" Lazzari, Luisa L. Machado, Emilio A.M. y Pérez Rodolfo H. Teoría de la decisión Fuzzy.[4]; Bonilla, Raúl M. "Gestión de sostenibilidad utilizando Lógica Borrosa". [5]

Modelo Difuso de Mamdani

La configuración del modelo difuso de Mamdani se muestra en la Figura 1. En esta clase de modelos difusos, las reglas difusas IF-THEN son de la forma:

$$R^i : \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^i \text{ and } x_2 \text{ is } A_2^i \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_n^i \text{ THEN } y \text{ is } B^i \quad (4) \text{ Regla difusa}$$

Las principales ventajas del modelo difuso de Mamdani se especifican a continuación. Primero, su simplicidad en la representación de las reglas difusas, tanto las premisas como los consecuentes tienen forma de conjunto difuso lo que facilita su interpretación. Segundo, su flexibilidad en la

materialización debido a la posibilidad de seleccionar las operaciones del motor de inferencia, del fusificador o defusificador, con salida de las variables en estudio.

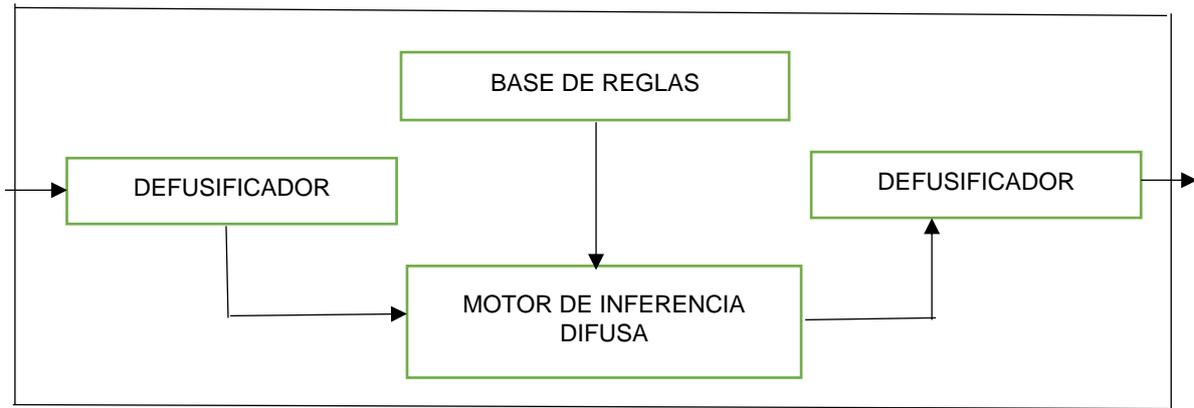


Figura 1. Modelo Difuso de Mamdani.

La principal desventaja de este modelo difuso es que para sistemas complejos no lineales usualmente se requieren muchas reglas difusas *IF-THEN*, lo cual hace más compleja su materialización.

1. Los conectores lógicos para variables lingüísticas (*and, or...*).
2. Las implicaciones (*IF a THEN b*).
3. Cómo combinar un conjunto de reglas.

El justificador mapea valores numéricos crisp en conjuntos difusos. Es necesario para activar reglas, que están en términos de variables lingüísticas y tienen asociados conjuntos difusos.

El motor de inferencia de un FLS mapea conjuntos difusos en conjuntos difusos, mediante la combinación de reglas "IF-THEN". Como los humanos usan distintos tipos de procesos de inferencia, para entender cosas o tomar decisiones, un FLS puede usar distintos procedimientos de inferencia difusa. El defusificador mapea conjuntos de salida difusos en números crisp. En aplicaciones de control, tales números corresponden a las acciones de control a tomar.

Las formas de las funciones de pertenencia más comúnmente usadas son: triangular, trapezoidal, lineal por segmentos y Gaussiana. Dichas formas son seleccionadas por el usuario arbitrariamente, basado en su conocimiento y experticia. Se obtiene mayor resolución usando funciones de pertenencia sujeta al costo de un aumento en la complejidad de cálculo. Las funciones de pertenencia no tienen que solaparse, pero una de las ventajas de Lógica Difusa es que tales funciones pueden ser diseñadas para solaparse, de tal forma que por ejemplo pueda expresarse que "una puerta está parcialmente abierta o parcialmente cerrada al mismo tiempo". Así, es posible distribuir decisiones sobre más de una clase de entrada, lo cual ayuda a construir Sistemas de Lógica Difusa robustos.

La elección de una herramienta de uso general y de conocimiento en su aplicación, hace que el MATLAB, sea la herramienta para agrupar y ponderar las variables en estudio.

3.2. Matriz

La matriz para justificar las reglas a aplicar en si "and" si "and" si "and" then. "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process", SAATY. T [7].

Tabla 1. Variables de ENTRADA y SALIDA

RECURSO	DISTANCIA	STOCK	URGENCIA	DONACIONES	NIVEL DE ASISTENCIA
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO	BAJO
MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY BAJO	MUY BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO	MUY BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO	BAJO
ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO
ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
BAJO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
NO TIENE	NO TIENE	BAJO	BAJO	ALTO	BAJO
NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	BAJO	ALTO	MUY ALTO
NO TIENE	NO TIENE	ALTO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
BAJO	NO TIENE	BAJO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	NO TIENE	BAJO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO
MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	BAJO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO	MUY BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY BAJO	MUY BAJO
BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	MUY BAJO

3.3. Variables de Entrada y Salida en un Sistema de Lógica Difusa. Método Mandani.

. Recursos, Distancia, Stock, Urgencia y Donaciones variables de entrada para las distintas muestras con salida Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

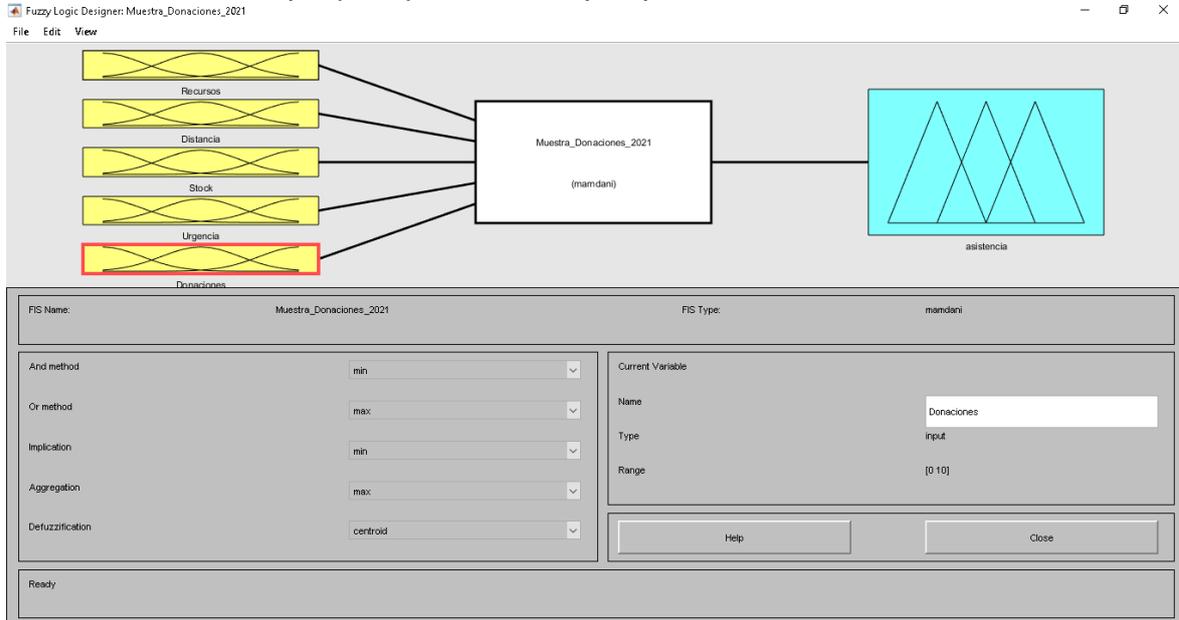


Figura 2. Variables de entrada para la muestra.

4. TABULACION PARA LA MUESTRA:

RECURSOS: Tabulamos para aplicar el método del centroide:

Baja: {0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} neutra ó media

Alta: {7; 8; 9 y 10}

DISTANCIA:

Baja: {0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {7; 8; 9 y 10}

STOCK:

Baja: {0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} Optima

Alta: {7; 8; 9 y 10}

URGENCIA:

Baja: {0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7} neutra ó media

Alta: {7; 8; 9 y 10}

DONACIONES (variable aleatoria).

Baja:{0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4, 5; 6 y 7}

Alta: {7; 8; 9 y 10}

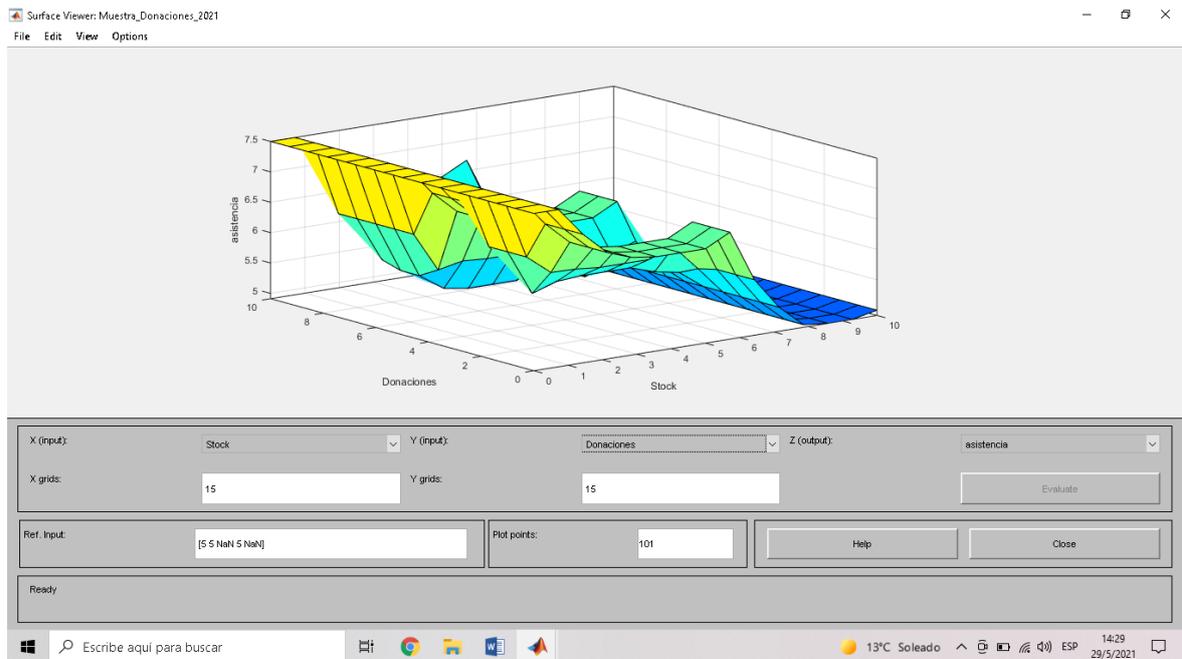


Figura 3. Diagrama de superficie. Muestra donaciones

4.1.MUESTRA 1: Se toma la medición aumentado los recursos y manteniendo la distancia media, aumenta el stock de recursos y aumenta la urgencia con RECURSOS BAJO-MEDIO, DISTANCIA MEDIA, STOCK BAJO-MEDIO, URGENCIA MEDIA EN AUMENTO y mantenemos las DONACIONES BAJA A MEDIA, solo las programadas.

If RECURSOS y DISTANCIA y STOCK y URGENCIA y DONACIONES then SALIDA MEDIA

4.1.a) If {40 a 50% ; 35 a 50% ; 38 a 49% ; 60 a 66% ; 36 a 39%%} = 6,22

4.1.b) If {30 a 40% ; 35 a 50% ; 30 a 38% : 57 a 60% ; 36 a 39%%} = 5,96

4.1.c) If {20 a 28% ; 35 a 50% ; 30 a 37% ; 57 a 60% ; 36 a 39%} = 5,63

Promedio 6,22 con salida en baja óptimo 5,63.

Variación en baja de promedio en centroide bajando de 6,46 (64.6%) a 5,80 (58%) en baja por mayor uso de variables: tomado el nivel de madurez sustentable, con variación de 7.5% a 8,5 % de optimización de promedio.

4.2. MUESTRA 2: Se toma la medición aumentado los recursos y manteniendo la distancia media, aumenta el stock de recursos y aumenta la urgencia con RECURSOS BAJO-MEDIO, DISTANCIA MEDIA, STOCK BAJO-MEDIO, URGENCIA MEDIA EN AUMENTO y mantenemos las DONACIONES BAJA A MEDIA, solo las programadas.

If RECURSOS y DISTANCIA y STOCK y URGENCIA y DONACIONES then SALIDA MEDIA

4.2.a) If {60 a 63% ; 40 a 45% ; 50 a 52% ; 50 a 55% ; 60 a 66%} = 5,20

4.2.b) If {62 a 63% ; 40 a 46% ; 50 a 52% ; 55 a 59% ; 60 a 66%} = 5,13

4.2.c) If {63 a 66% ; 46 a 47% ; 53 a 63% ; 55 a 59% ; 60 a 66%} = 4,55

Promedio 5,20 con salida en baja óptimo 4,55.

Variación en baja de promedio en centroide bajando de 6,46 (64.6%) a 5,80 (58%) en baja por mayor uso de variables: tomado el nivel de madurez sustentable, con variación de 7.5% a 8,5 % de optimización de promedio.

4.3. Muestra 3: Observaciones de la muestra: Variable aleatoria Donaciones:

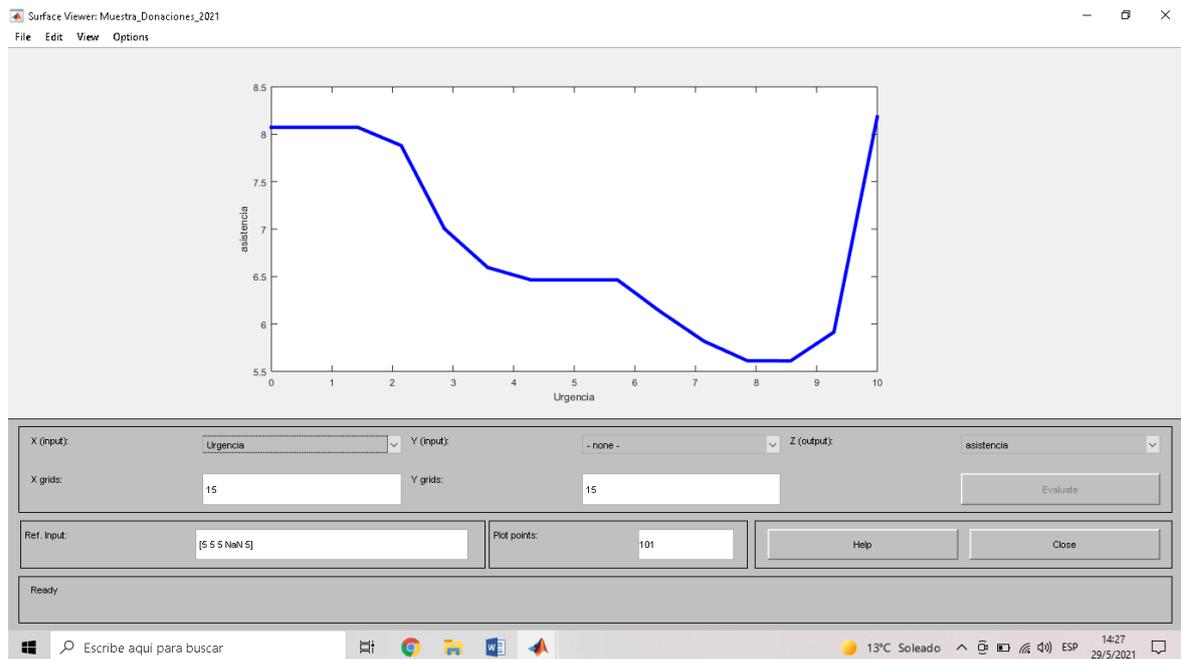


Figura 4. Observaciones de la muestra: Ingresos Donaciones

If RECURSOS y DISTANCIA Y STOCK Y URGENCIA y DONACIONES then SALIDA BAJA

4.3.a) If {10 a 17% ; 45 a 55% ; 50 a 55% ; 60 a 67% ; 70 A 78% } = 5,08

4.3.b) If {10 a 30% ; 45 a 55% ; 45 a 60 % ; 67 a 78 % ; 75 a 78%} = 4,77

4.3.c) If {10 a 17% ; 35 a 45% ; 43 a 60 % ; 45 a 52 % ; 75 a 83%} = 3,78

Promedio 5.08 con salida en baja óptimo 3,78

Variación en baja de promedio en centroide bajando de 5,08 (50,08%) a 4,77 (47,70%) a 3,78 (37,80%) en baja por aumento de las donaciones como variable aleatoria, aumentando las no programadas.

5. CONCLUSIONES DE RIESGO ASOCIADO:

. La herramienta lógica difusa relaciona variables de diferente naturaleza, y en escalas distintas de cuantificación, que puede modificar por uso de variables como recursos, distancia, stock, urgencia y donaciones, estimados en las muestras en estudio.

. Hace posible definir en forma escalar las ponderaciones de cada variable, a fin de maximizar los valores alcanzados en zonas difusas, definiendo su conjunto de pertenencia o grupo, como se

observa la muestra nro.1 con ponderación media de 6.22 y con inclusión de la variable donaciones baja a 5,22 y optimiza recursos y aumenta el stock y disminuye urgencia.

. Para las muestras escogidas para análisis de los distintos tipos de Necesidades, reflejan la sensibilidad de cada variable y los componentes, que más influyen para optimizar su uso o elección.

. Los valores que toma cada variable y la medición de cada muestra en estudio, es independiente de la cantidad y tiempo que cada caso en estudio puede promediar u optimizar su composición, influyen en forma independiente en de cada variable en estudio.

. Las variaciones de stock y urgencia, en cada muestra dependen de la provisión del recurso, en tiempo o programa de donaciones establecido, obteniendo valores para cada análisis, independiente de los resultados obtenidos.

. La defusificación de zonas difusas, que interactúan para cada muestra, es independiente de los resultados ponderados, puede modificarse su composición original o las cantidades, tomadas en cada muestra. Cada nueva medición está relacionada con los factores que componen la muestra de recursos y stock, la variable aleatoria de donaciones puede modificar en cada muestra y cada resultado obtenido.

. Las nuevas técnicas de estudio, aplicando variables aleatorias o valores en tiempo y cantidad de recursos, no programados, abren oportunidades para nuevas agrupaciones y análisis, que brinda oportunidad de estudio y aplicación, para optimizar o prever ante futuras necesidades en estudio, que se relacionan en forma directa con los recursos existentes y factores propios de cada Institución o Localidad.

BIBLIOGRAFIA:

[1] Proyecto KOINONIA OD112. UNICEN. Resolución HCA 357/17.
<http://www.proyectokoinonia.org.ar/ayudarg/>.

[2] Ley 26061 Protección integral de los Derechos del niño y niñas adolescentes año 2005 – Consejo Federal de la niñez, adolescencia y familia 2007 – Programa General de desarrollo Social 20 de Enero 2004

[3] Tomas Arredondo Vidal. "Introducción a la lógica difusa" 2012.PDF.

[4] Lázzari, Luisa L. Machado, Emilio A.M. y Pérez Rodolfo H. Teoría de la decisión Fuzzy. Edic. Macchi Bs.As.1998.-

[5] Bonilla, Raúl M. "Gestión de sostenibilidad utilizando Lógica Borrosa". Universidad complutense Madrid.2010-2011.

[6] Galindo Gómez, J.". Conjuntos y sistemas difusos. (Lógica difusa y aplicaciones)". Universidad de Málaga. E.T.S. Informática. Disponible en: <http://www.lcc.uma.es/ppgg/FSS/FSS1.pdf>

[7] Saaty, T. 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, Nº. 1, pp.83-98

AGRADECIMIENTOS:

Los autores agradecen al Depto. Ingeniería Industrial Facultad Regional Trenque Lauquen–UTN y Facultad UNICEN de Tandil. Grupo de Investigación KOINONIA, con asiento en la misma ciudad y Entidades sin fines de Lucro que participan del proyecto.

Desarrollo de una plataforma digital como estrategia comercial en una Pyme metalmecánica

Mohamad, Alejandro*; Bonnin, Florencia; Herrera, Juana; Colombo, Federico

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina
alejandro_mohamad@uca.edu.ar*

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el desarrollo de una plataforma digital que brinde soporte al proceso comercial de una pyme metalmecánica de la provincia de Buenos Aires. La empresa fabrica y comercializa carrocerías para camiones, acoplados y semirremolques. Su oferta consta tanto de un portafolio de productos estandarizados, como de modelos personalizados satisfaciendo la demanda de los clientes.

Durante el desarrollo del trabajo se realizó un análisis estratégico aplicando el modelo de las Fuerzas de Porter para el sector industrial y un diagnóstico FODA. Complementando este análisis estratégico, se realizó un diagnóstico organizacional, en la estructura y en el comportamiento. En base a estos estudios, se identificó como objetivo: Implementar una plataforma digitalizada para asistir a los clientes en el proceso que denominaremos "venta online", mediante la cual se pretende generar una relación más estrecha con el cliente, y facilitarle soluciones instantáneas a sus inquietudes o requerimientos.

El proyecto se lleva a cabo en dos etapas: 1) reingeniería del proceso de ventas actual, optimizando los tiempos de respuesta y recursos utilizados, y 2) análisis funcional del proceso a digitalizar y confección de los requerimientos de implementación para trasladar a las posibles desarrolladoras de la plataforma y su correspondiente ingeniería de software.

En la nueva plataforma, el cliente podrá seguir su transacción actual, como sus compras anteriores (en el caso de tenerlas). Tendrá acceso al seguimiento de su carrocería, informándose del grado de avance del proceso productivo y tiempo de entrega estimado, para facilitar la gestión de retiro. Después de finalizada la carrocería, se pondrá a disposición del cliente un instructivo digital para el buen uso y mantenimiento de su equipo.

El foco estratégico se centra en afianzar el vínculo con los clientes y conocer sus necesidades, para poder brindarles las mejores soluciones en cada caso.

Palabras Claves: Transformación digital, Gestión de Pymes, Estrategia comercial

ABSTRACT

This paper describes the development of a digital platform to support the trading process in an industrial mechanical SME at Buenos Aires. The company manufactures and sales truck bodies and semitrailer. His offer is based on standarized and customized models.

During this work a strategical analysis was done applying Porter Forces model to the industrial sector and a SWAT diagnosis. It was complemented with an organizational study of the company. Through this analysis, it was settled the following objective: Implement a digital platform to attend customers in the on line sales process and giving quick response to their questions and comments.

The Project was developed in two stages: 1) redesign of the current sales process, and 2) functional analysis of the new digital process and writing the documents containing the software requirements. In the new platform, the customer has the possibility to track his business transaction, the manufacture status of his truck body an estimate the due date. After the product is delivered to the customer, he can get information about maintenance in the same platform.

The strategic focus is on strengthen the link with customers and knowing his requirements in advance in order to satisfy them.

Keywords: Digital transformation, SME management, Trading strategy

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar el desarrollo de una plataforma digital que brinde soporte al proceso comercial de una empresa metalmecánica de la Provincia de Buenos, fundamentando la misma en un análisis estratégico y de mercado, y en las características de la cultura organizacional de la empresa. En el mediano plazo, la plataforma se aplicará en las tres etapas del proceso: cotizaciones, venta y postventa de manera online, pero en este trabajo se desarrollará particularmente la actividad “venta online”.

El objetivo de esta implementación es desarrollar una relación más estrecha con el cliente y facilitarle soluciones instantáneas a sus inquietudes o requerimientos, asistiendo y brindándole respuestas las 24 horas del día, los 7 días a la semana.

El análisis partirá actualizando el proceso de venta actual, optimizando los tiempos de respuesta y recursos utilizados. Siempre manteniendo el foco en afianzar el vínculo con el cliente y conocer sus necesidades, para poder brindarle todas las soluciones.

Luego de realizada la operación de compra, se le brindará al cliente su nombre de usuario y contraseña para acceder a la plataforma. En la misma, el cliente podrá ver el estado de su transacción actual (pagos, saldos, facturas, recibos), como el de sus compras anteriores (en el caso de tenerlas). Tendrá acceso al estado de su carrocería, informándose del grado de avance del proceso productivo y tiempo de entrega estimado, para facilitar la gestión de retiro de esta.

Después de finalizada la carrocería, se pondrá a disposición del cliente un instructivo digital para su buen uso y su mantenimiento, junto con una encuesta de satisfacción.

La empresa en cuestión -INDUSTRIAS BIANCHI S.A.- fabrica y comercializa carrocerías para camiones, acoplados y semirremolques con porfolio de productos estandarizados y modelos personalizados según la demanda del cliente. Posee una larga experiencia en la manufactura de equipos que operan con gran éxito y reconocimiento en distintos terrenos y son utilizados para distintos tipos de trabajos a lo largo del país.

2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

2.1. Análisis del Sector industrial

Vamos a comenzar el diagnóstico de la situación llevando a cabo un análisis estratégico, para el cual, la primera tarea es analizar el sector industrial aplicando el Modelo de las Fuerzas Competitivas de Porter [1]. A los efectos de evaluar las variables de cada Fuerza, aplicaremos el criterio de positiva a aquellas que ofrecen beneficios (Oportunidades), y de negativa a las que presenten desventajas (Amenazas).

Análisis de la Fuerza Rivalidad entre Competidores:

El rubro de Industrias Bianchi -carrocerías para camiones, acoplados y semirremolques- no está muy diversificado, por lo tanto, no hay una gran cantidad de competidores, sino que son pocos, pero consistentes.

En la Figura 1, se muestra el análisis de las variables que componen esta primera fuerza.

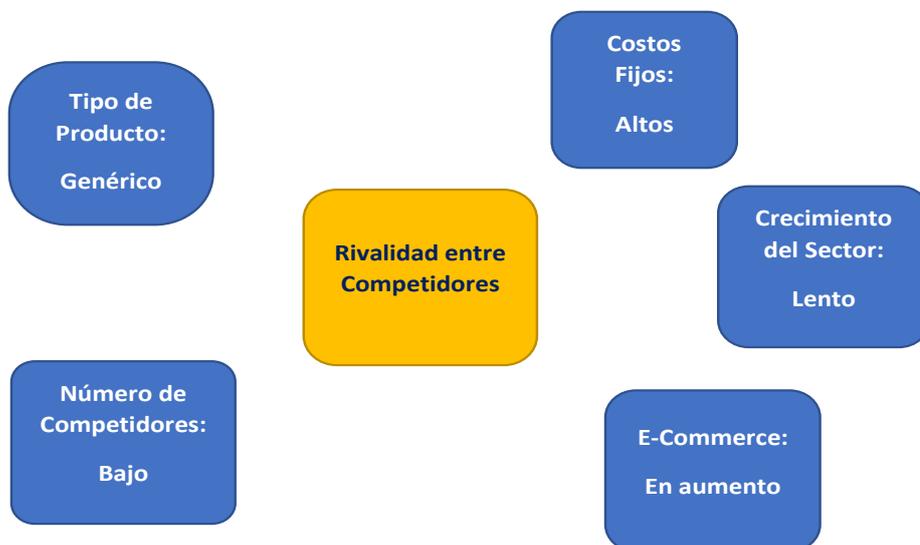


Figura 1 Análisis de la Fuerza Rivalidad entre Competidores

Se puede concluir que, si bien el número de competidores es bajo y el crecimiento de la industria es lento, por ser un tipo de producto bastante genérico, no se trata de una fuerza amenazante. Lo que se debe tener en cuenta es la variedad de productos que ofrecen las demás empresas, y evaluar si para lograr mayor competitividad se buscará ampliar el portafolio o abocarse de lleno a una gama de productos.

Análisis de la Fuerza Amenaza de Nuevos Ingresantes:

En la Figura 2, se muestra el análisis de las variables que componen esta segunda fuerza.



Figura 2 Análisis de la Fuerza Amenaza de Nuevos Ingresantes

En cuanto a la amenaza de nuevos ingresantes no es del todo alarmante, debido a que ingresar en esta industria no es tan fácil. Para esto se requiere de grandes inversiones de capital inicial y tecnologías necesarias que no son de fácil acceso.

Análisis de la Fuerza Amenaza de Productos Sustitutos:

Consideramos que no existen productos sustitutos que constituyan una amenaza para el negocio de la empresa.

Análisis de la Fuerza Poder de Negociación de los Proveedores:

En la Figura 3, se muestra el análisis de las variables que forman parte de esta cuarta fuerza.



Figura 3 *Análisis de la Fuerza Poder de Negociación de los Proveedores*

En cuanto al poder de negociación de los proveedores, se debe mantener y cuidar el buen vínculo con ellos, ya que su cumplimiento hace a la buena calidad de los productos. Si bien el mercado ofrece una amplia cartilla de proveedores, el cambio de estos implica un riesgo importante en calidad de producto y tiempo de reposición.

A su vez, no consideramos que exista una alta probabilidad de integración vertical (de proveedor de insumo a fabricante de carrocería), ya que existen grandes diferencias entre las industrias, ya sea, de maquinaria, capacitación, mercado y experiencia.

Análisis de la Fuerza Poder de Negociación de los Clientes:

En la Figura 4, se muestra el análisis de las variables que forman parte de esta quinta fuerza.



Figura 4 *Análisis de la Fuerza Poder de Negociación de los Clientes*

Industrias BIANCHI S.A es una empresa que está en el mercado hace 78 años. A lo largo de su historia ha logrado desarrollar y mantener una fiel relación con los clientes basada en el compromiso y la calidad. Durante estos años la empresa fue variando, dependiendo de las necesidades del

mercado, adaptando los diseños y procesos productivos de acuerdo con los productos más demandados según la época.

Entre los principales clientes se encuentran: Concesionarios de distintas marcas de transporte, Municipios, Industrias de construcción, Empresas relacionadas al petróleo y Minería.

Podemos decir que los clientes no generan una problemática en cuanto a la calidad del producto ni son una amenaza de posibles competidores. Donde sí se enfrenta un desafío es en la posibilidad de ser sustituidos, ya que las marcas que participan en el mercado son una oferta tentadora para los potenciales clientes. Es por esto por lo que se diferencia el caso de un cliente que ya ha comprado a Industrias Bianchi, y el que nunca lo ha hecho. En el caso de que el primero deba comprar una carrocería, estando conforme con el desempeño del equipo adquirido, es muy posible que vuelva a elegir la empresa que ya generó confianza.

Resumen del análisis del sector mediante las Fuerzas Competitivas de Porter:

En la Figura 5, se resume este análisis del sector.



Figura 5 Análisis del Sector mediante el modelo de las Fuerzas Competitivas de Porter

2.2. Análisis FODA

Para completar el análisis estratégico, aplicamos la herramienta FODA, a través de la cual integramos las Fortalezas y Debilidades relevadas de la empresa, con las Oportunidades y Amenazas del entorno externo, sobre todo el sector industrial [2].

En la Figura 6, se resume el FODA.

<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria extensa y limpia • Calidad de productos • Fidelidad con clientes y proveedores • Mano de obra calificada • Reconocimiento de la Marca 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nuevas tecnologías robóticas para el diseño y armado de carrocerías • Avance e-commerce mundial • Reactivación de la economía y Exportaciones • Políticas económicas más agresivas para ampliar la porción de Mercado utilizando el reconocimiento de la marca
<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escaso foco en el conocimiento de los empleados con experiencia • Teconología atrasada • Falta de inversion en la empresa • Pocos y solo tradicionales canales de Venta 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avance tecnológico y comercial de la competencia • Incertidumbre sobre las políticas económicas • Inestabilidad económica del país • Políticas abrasivas hacia las Pymes

Figura 6 Análisis FODA de la empresa

Conclusiones del FODA:

Considerando las Fortalezas de Trayectoria, Fidelización de clientes y Marca, con las Oportunidades de E-Commerce; y teniendo en cuenta la Debilidad en los Canales de Ventas con la Amenaza del avance tecnológico y comercial de la competencia; podemos concluir en la definición del Objetivo que sea el impulsor del nuevo proyecto.

Objetivo: Implementar una plataforma digitalizada para asistir a los clientes en el proceso que denominaremos “venta online”, mediante la cual se pretende generar una relación más estrecha con el cliente, y facilitarle soluciones instantáneas a sus inquietudes y requerimientos.

2.3. Análisis de la Cultura Organizacional

Para esta etapa se aplicó el Modelo de Cultura Organizacional denominado OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument) [3]. Según este modelo las culturas en las organizaciones pueden ser de 4 tipos: Jerárquica, Orientada al Mercado, De Clan, y Adhocracia.

Después de haber aplicado la encuesta del modelo y analizado los resultados, obtuvimos las conclusiones mostradas en la Figura 7.

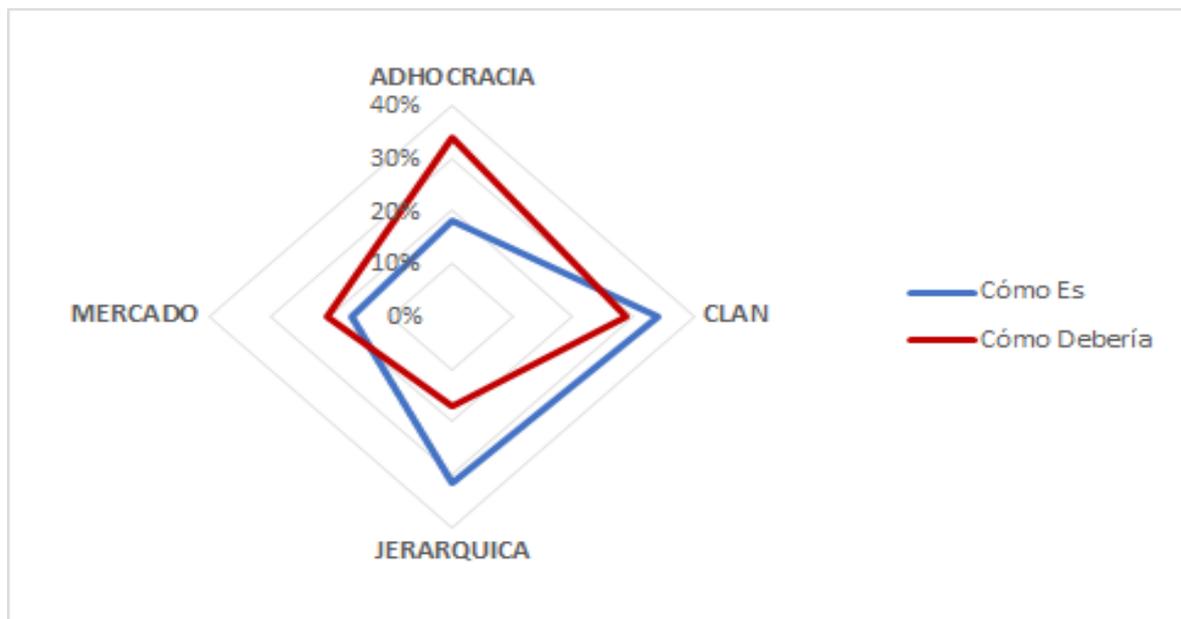


Figura 7 Tipos de Cultura Organizacional Actual y Deseado en función de la estrategia

Lo que observamos es la necesidad expresada por los directivos de la empresa de modificar la cultura hacia una mayor flexibilidad, autonomía e innovación, características de la Adhocracia, y una mayor Orientación hacia el Mercado. Esto se haría a expensas de ir dejando de lado una cultura Jerárquica y de Clan, más propias de una Pyme de manufactura técnica.

Este análisis de la cultura tal “cómo es” y “cómo debería ser”, también es otro indicador que refuerza el Objetivo al que se concluyó en el punto anterior del FODA.

En el Anexo a este trabajo se detalla el modelo OCAI de cultura organizacional, y se muestran la encuesta aplicada y la tabla con los resultados agregados de las tres personas claves de la empresa que la respondieron.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Reingeniería del Proceso de Ventas

Como primera tarea, se realiza un análisis del proceso comercial y las áreas involucradas en cada etapa de este. Se toma como área principal a la que tiene mayor responsabilidad para cada actividad del proceso, y se la señala con un marcador azul. A su vez, se tienen en cuenta las áreas que trabajan brindando apoyo en cada etapa del proceso y se las señala con un marcador blanco. Así se puede visualizar gráficamente el ciclo comercial y los sectores que intervienen en la Figura 8.

Para complementar este flujograma, se calculan los porcentajes de tareas asignadas a cada una de las áreas involucradas. En base a esos porcentajes se observa que Ventas dedica el 44,4% de las tareas a este proceso, y que Administración lo hace en un 27,8%. La suma de estos dos valores nos lleva al 72,2% del total. Con estos porcentajes, identificamos que la reingeniería de procesos debe hacerse en estas dos áreas principalmente.

FLUJOGRAMA ACTUAL

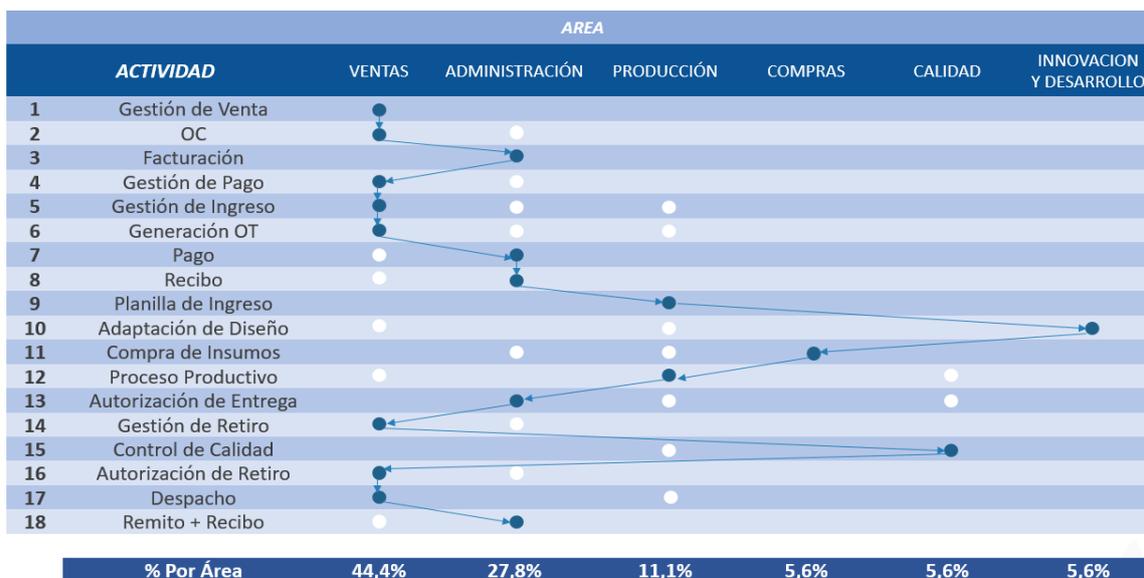


Figura 8 *Flujograma actual de Proceso de Ventas*

Un punto complementario al estudio del flujograma es el Lead Time del proceso productivo. En el mismo se pueden observar todas las actividades que forman el proceso de producción.

Proceso de producción genérico de equipo volcador:

- Ingreso del camión a la planta industrial
- Toma de medidas del equipo ingresado y adaptación de diseño de la carrocería
- Depto. de Diseño envía hojas de corte (digitales) al sector de corte por pantógrafo, donde se recibe el archivo y se avanza con los cortes
- Los cortes que necesitan ser doblados avanzan al sector de plegado
- Las partes obtenidas, junto con los accesorios (stock) y las piezas de tornería son llevadas al área de Armado, donde se ensambla la carrocería y el bastidor de chasis
- Montaje del bastidor de chasis sobre el chasis del camión, junto con la caja volcadora
- Simultáneamente al armado, se realizan las instalaciones de hidráulica y neumática
- Con la carrocería instalada y montada, el equipo va hacia el sector de pintura. Previa limpieza de la chapa se avanza con la protección con antióxido y luego sopleteo electrostático con pintura poliuretánica
- Por último, se realizan los controles de calidad finales correspondientes

La Figura 9 muestra brevemente el proceso. Las unidades de tiempo utilizadas son genéricas y están separadas en módulos.

PROCESO PRODUCTIVO		TIEMPO											
Ingreso del camión	del												
Adaptación de Diseño	de												
Hidráulica													
Corte por Pantógrafo	por												
Plegado													

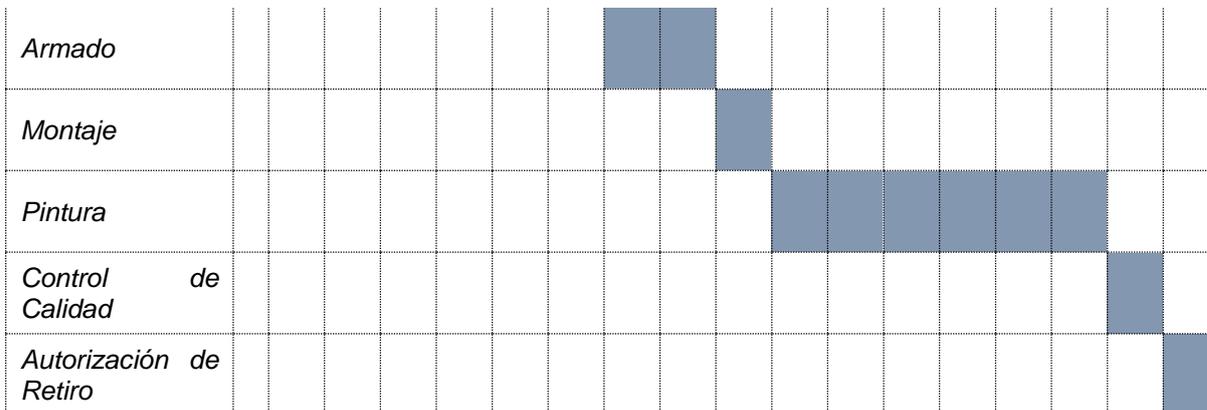


Figura 9 Lead Time del Proceso Productivo

El proceso productivo no sufre modificaciones con la puesta en marcha de la plataforma digital propuesta, por este motivo, quedará como se encuentra actualmente.

Una vez analizado el Proceso actual de Ventas, procedemos al diseño del nuevo proceso en el cual se define el Área Gestión On-Line, que en realidad es la asignación de las tareas a la nueva plataforma digital.

Se plantea la implementación de una plataforma digital donde los clientes puedan loguearse y acceder a distintas facilidades, muchas en el momento, sin tener que contactar por otra vía con la empresa. Si bien la industria pesada no se muestra dispuesta a las compras 100% online, se propone un proceso híbrido (personal junto con e-commerce) en el que se les proporcione respuesta inmediata a las inquietudes del cliente, y la calidez del ejecutivo de cuentas brindándole seguridad en sus compras.

El consumidor interesado en adquirir la carrocería tiene tres posibles caminos para obtener una cotización; el primero es contactar directamente con el ejecutivo de ventas que comprende su interés y le envía una cotización personalizada de acuerdo con sus necesidades. Los caminos dos y tres corresponden a quienes ya son clientes de la empresa y poseen su usuario y contraseña para ingresar a la intranet. Al acceder a la plataforma, el cliente puede solicitar una actualización de cotizaciones anteriores (quedan almacenadas en la web para retomar en el futuro), o solicitar una nueva cotización idéntica a alguno de los equipos que ya ha obtenido en el pasado y que se encuentran cargados con su respectiva información a disposición del cliente.

En la Figura 10 se muestra el nuevo Flujograma, propuesto para la incorporación de la digitalización de procesos.



Figura 10 Flujograma propuesto de Proceso de Ventas con transformación digital

Entre las ventajas que se genera para la empresa, identificamos como principales: optimización de recursos, obtención de KPIs para el control de gestión (Ejemplos de KPIs: Productos estándar/Modelos personalizados; Número de interacciones entre el cliente y Gestión de Ventas hasta concretar la Orden de Compra; Cumplimiento del Lead Time de Producción y Cuellos de botella; Número de reprocesos por no cumplimiento de estándares de calidad; Tiempo de facturación), mayor visibilidad comercial en un nuevo canal digital, satisfacción de los clientes y transparencia en las operaciones. Por otro lado, le requiere una mayor capacitación del personal y un cambio en la cultura organizacional que era uno de los aspectos a considerar desde el principio.

3.2. Definición de Requerimientos para el desarrollo y la implementación de la nueva plataforma

En esta sección vamos a mostrar algunos ejemplos de cómo se proyecta el uso de la plataforma, estableciendo los requerimientos que serán trasladados a las posibles desarrolladoras de software para su concreción final.

El proceso se inicia en la página web de Bianchi, haciendo clic en Log in (Registrarse), donde quien ejecuta esta acción coloca su usuario y contraseña. En el caso de ser cliente, y no estar registrado, es el agente de ventas quien le otorga las credenciales y habilita su acceso. Dependiendo de la categoría de usuario, se permite su acceso a diversas partes de la página.

De acuerdo con lo que determinamos en el análisis del proceso actual, vimos que las 2 áreas de la empresa con mayores necesidades de reingeniería de procesos eran Ventas y Administración. Comenzando por Ventas, podemos dividir al proceso general en dos grandes bloques: 1) Gestión de Ventas, y 2) Órdenes de Trabajo Activas.

En la Figura 11 se visualiza el bloque de Gestión de Ventas, y en la Figura 12 el correspondiente a las Órdenes de Trabajo Activas.

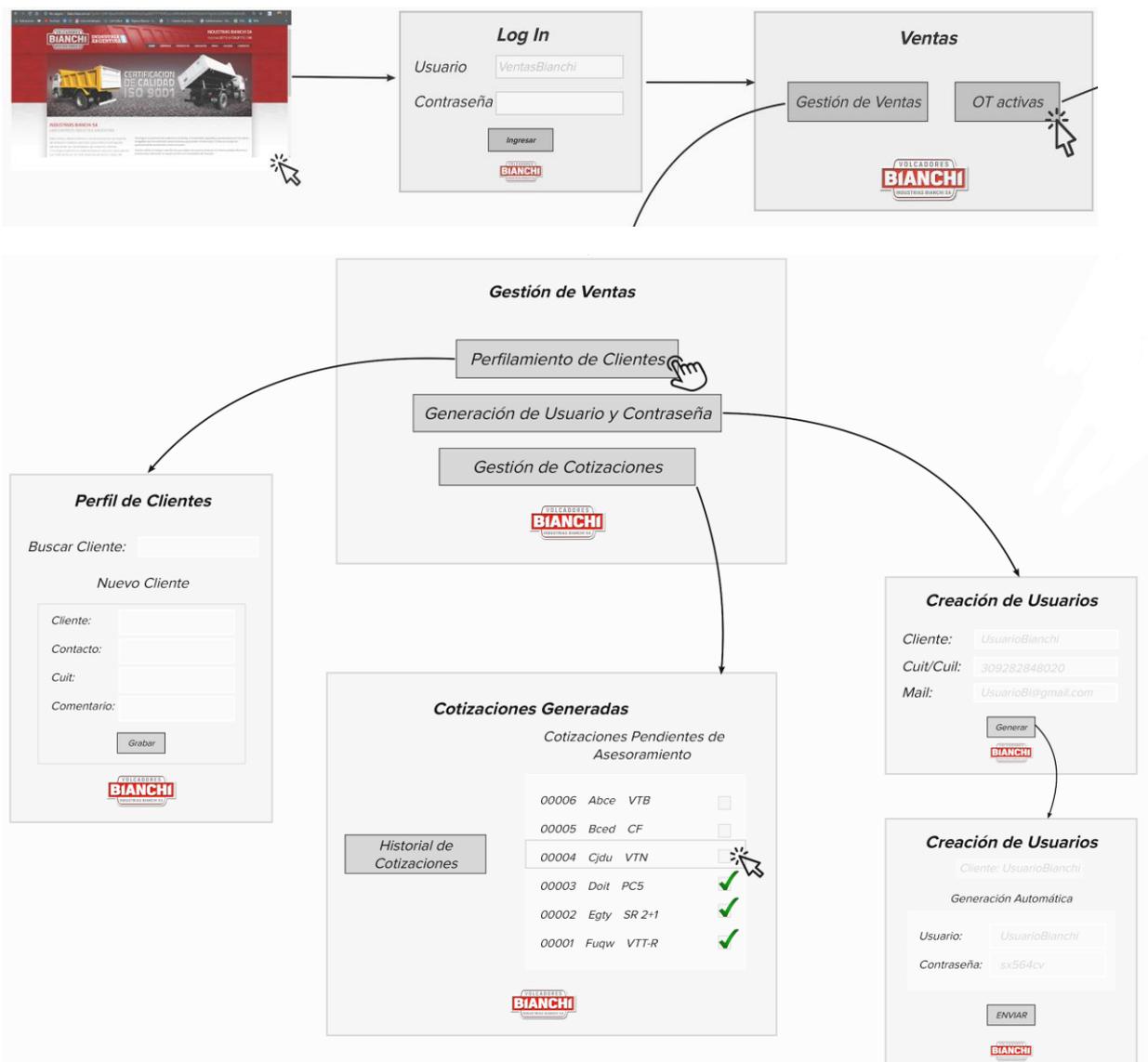


Figura 11 Mapa de la Gestión de Ventas

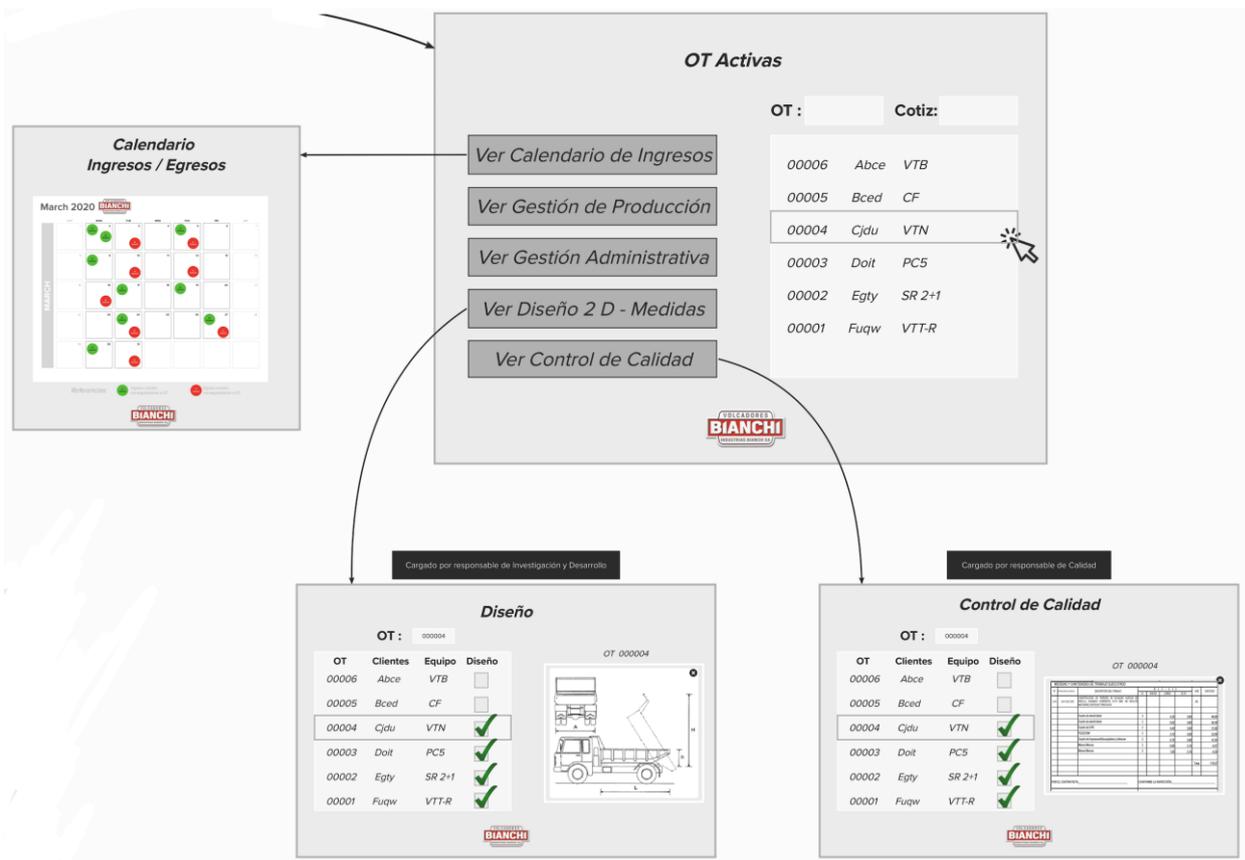


Figura 12 Mapa de las Órdenes de Trabajo Activas

Si pasamos al área de Administración, la Figura 13 nos muestra el mapeo general de los procesos a digitalizar de esta área.

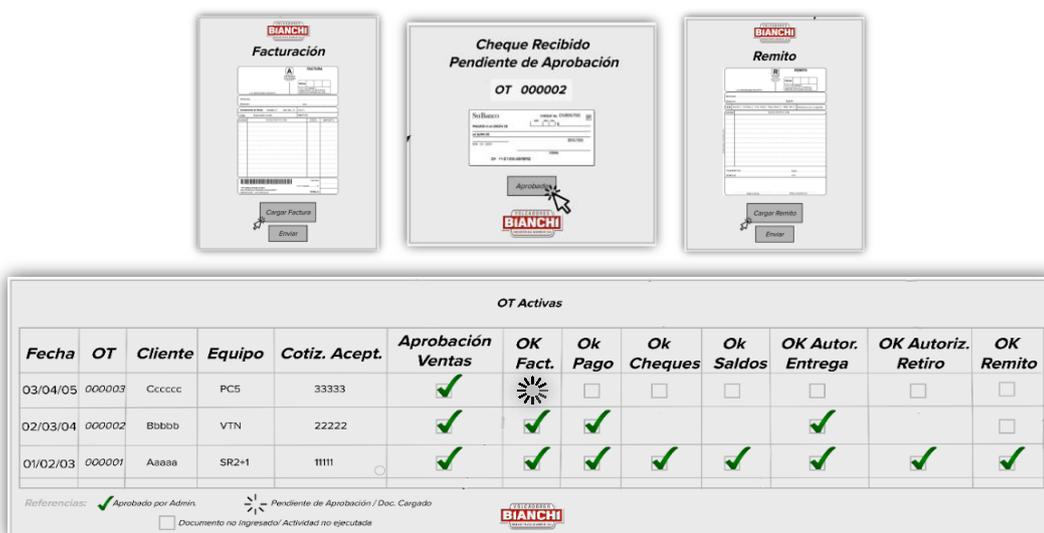


Figura 13 Mapa de los Procesos del área Administración

Los usuarios y contraseñas son otorgados a los responsables del área de administración por parte de la gerencia general. El mismo le da acceso a una visión global del proceso administrativo, desde que el camión es aprobado por el área de ventas para comenzar la producción, hasta que es entregado y el remito firmado por el cliente. Administración es uno de los nexos entre la empresa y el cliente, da soporte a todas las áreas, y mantiene todos los documentos en orden para que se encuentren correctos y disponibles para Bianchi como también para el cliente.

4. CONCLUSIONES

Tal como expusimos en el punto anterior, la plataforma propuesta contiene las capacidades para integrar en sus procesos a las áreas de Ventas y su relación con los clientes, a la de Administración con sus requerimientos contables, e incluso a la de Producción con el objetivo de otorgar transparencia al seguimiento de la manufactura por parte de los clientes.

Como ya se ha dicho, también permite el relevamiento de KPIs para gestionar basados en indicadores confiables de ventas, operaciones y rentabilidad (Ejemplos de KPIs: Productos estándar/Modelos personalizados; Número de interacciones entre el cliente y Gestión de Ventas hasta concretar la Orden de Compra; Cumplimiento del Lead Time de Producción y Cuellos de botella; Número de reprocesos por no cumplimiento de estándares de calidad; Tiempo de facturación).

Por lo tanto, el desarrollo de esta herramienta permite a la empresa personalizar y optimizar la atención al cliente, dando una mejor respuesta a sus necesidades y entablando una relación transparente con ellos. Además, se logra agilizar el proceso de ventas, logrando disponibilidad inmediata de todo tipo de documentos para el cliente, y visualización en tiempo real del proceso productivo y autogestión.

5. REFERENCIAS

- [1] Hax, Arnoldo; Majluf, Nicolás. (2012). *Estrategias para el liderazgo competitivo. De la visión a los resultados*. Buenos Aires. 1° edición, 2° reimpresión. Ediciones Granica S.A. Buenos Aires.
- [2] Thompson, Arthur; Strickland, A.J.; Gamble, John. (2008). *Administración Estratégica. Teoría y casos*. México. 3° edición. McGraw-Hill Interamericana. India.
- [3] Cameron, Kim S.; Quinn, Robert E. (2006). *Diagnosing and Changing Organizational Culture. Based on the Competing Values Framework*. San Francisco. Jossey-Bass. A Wiley Imprint.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer la colaboración brindada por el equipo de la empresa Industrias Bianchi S.A. Mencionamos especialmente a su Presidente, Eduardo Bonnin, y a Carolina Calveira del área Administración y Dirección.

ANEXO:

Modelo de Cultura Organizacional OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument)

El modelo de Cultura Organizacional OCAI aplica para diagnosticar la cultura de las organizaciones. Utiliza un instrumento que consiste en un cuestionario a ser aplicado en una muestra representativa de integrantes de la organización. Caracteriza a la cultura organizacional en cuatro perfiles ideales:

- Jerárquica/ Burocrática
- Orientada al Mercado
- Clan/ Club/ Comunidad
- Adhocracia/ Flexible/ Orgánica

La Tabla A1 describe a los cuatro perfiles, y la Figura A1 muestra su vinculación con las características de la organización.

Tabla A1 Perfiles culturales de las organizaciones (OCAI)

	JERÁRQUICA	MERCADO	ADHOCRACIA	CLAN
Orientación	Controladora	Competitiva	Creativa	Colaborativa
Tipo de Líder	Planificador	Competitivo Productivo	Innovador Emprendedor	Facilitador Mentor
Valores	Eficiencia Estabilidad	Logro de Metas	Innovación Agilidad	Compromiso Comunicación
Efectividad	Control de procesos	Satisfacción de los clientes	Innovación Participación	Desarrollo de personas/ Participación

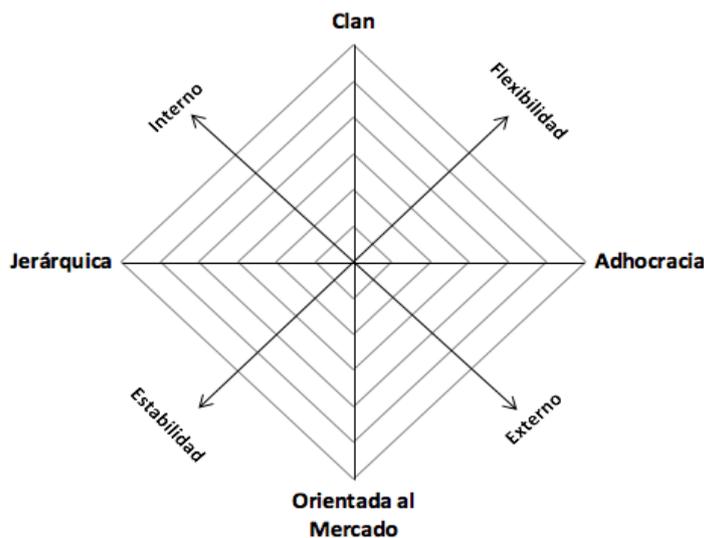


Figura A1 Grilla de caracterización de la cultura organizacional (OCAI)

Encuesta aplicada

A continuación, se muestra la Encuesta aplicada a directivos y mandos medios de la empresa Industrias Bianchi SA. Cada dimensión tiene 4 afirmaciones, a las que debe asignarse un porcentaje, debiendo sumar un total de 100%.

Modelo OCAI - Encuesta Cultura Organizacional			
1	Características Dominantes	Puntaje CÓMO ES	Puntaje CÓMO DEBERÍA
a	La organización permite el desarrollo personal. El ámbito de trabajo es familiar y relajado. Se comparten temas personales.		
b	La organización es considerada como un lugar dinámico e innovador. Las personas apuntan a la excelencia y están dispuestas a tomar riesgos.		
c	La organización está muy orientada a los resultados. Las personas se preocupan por completar las tareas, son muy competitivas y están orientadas a lograr los objetivos.		

d	La organización es muy estructurada y controlada. Las actividades se desarrollan de acuerdo con procedimientos estándares estrictamente formalizados.		
	Total	100%	
2	Liderazgo Organizacional	Puntaje CÓMO ES	Puntaje CÓMO DEBERÍA
a	El liderazgo se entiende como una actividad fuertemente orientada a resultados, basado en el sentido común.		
b	El liderazgo se entiende como una actividad facilitadora del trabajo.		
c	El liderazgo se entiende como una actividad de coordinación, estructuración y que prioriza la eficiencia.		
d	El liderazgo se entiende como una actividad motivadora, que fomenta la innovación, el emprendedurismo y la toma de riesgos.		
	Total	100%	
3	Estilo de Gestión	Puntaje CÓMO ES	Puntaje CÓMO DEBERÍA
a	El estilo de gestión en la organización se caracteriza por favorecer la iniciativa individual y el desarrollo de la innovación.		
b	El estilo de gestión en la organización se caracteriza por la alta competitividad y está fuertemente orientado a resultados.		
c	El estilo de gestión en la organización se caracteriza por la estabilidad laboral y la previsibilidad.		
d	El estilo de gestión en la organización se caracteriza por el trabajo en equipo y la participación.		
	Total	100%	
4	Factores de integración	Puntaje CÓMO ES	Puntaje CÓMO DEBERÍA
a	El factor de integración de la organización es la formalización de normas y políticas. El lema es <i>“lo importante es el orden”</i> .		
b	El factor de integración de la organización es la lealtad y la confianza. El lema es <i>“ponete la camiseta”</i> .		
c	El factor de integración de la organización es el logro de los objetivos. El lema es <i>“ganadores siempre”</i> .		
d	El factor de integración de la organización es el liderazgo, la innovación y el desarrollo. El lema es <i>“estar en la cresta de la ola”</i> .		
	Total	100%	
5	Énfasis estratégico	Puntaje CÓMO ES	Puntaje CÓMO DEBERÍA
a	La organización hace énfasis en el desarrollo del capital humano y la confianza. La participación y la opinión son valores predominantes.		
b	La organización hace énfasis en la permanencia y la estabilidad. La eficiencia y el control de gestión son valores predominantes.		
c	La organización hace énfasis en incorporar nuevos recursos y crear nuevos desafíos. La generación de oportunidades es el valor predominante.		
d	La organización hace énfasis en acciones competitivas y el logro de objetivos. Ganar participación en el mercado es el valor predominante.		
	Total	100%	

6	Criterios de éxitos	Puntaje CÓMO ES	Puntaje CÓMO DEBERÍA
a	La organización define su éxito en base a la eficiencia, los bajos costos y la estabilidad en la programación.		
b	La organización define su éxito en base a incrementar su participación en el mercado superando a la competencia.		
c	La organización define su éxito en base al desarrollo del capital humano, el trabajo en equipo, el compromiso de los empleados y la preocupación por las personas.		
d	La organización define su éxito en base a desarrollar productos únicos e innovadores.		
	Total	100%	

Grilla para procesar las respuestas de la Encuesta OCAI

Tipo de Cultura	Dimensión	Respuesta
Clan/ Club/ Comunidad	1	a
	2	b
	3	d
	4	b
	5	a
	6	c
Adhocracia/ Flexible/ Orgánica	1	b
	2	d
	3	a
	4	d
	5	c
	6	d
Orientada al Mercado	1	c
	2	a
	3	b
	4	c
	5	d
	6	b
Jerárquica/ Burocrática	1	d
	2	c
	3	c
	4	a
	5	b
	6	a

Resumen de los resultados de la encuesta

La encuesta se aplicó a 3 personas claves dentro de la organización, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla A2.

Tabla A2 Resultados encuesta OCAI

Tipo de Cultura	Cómo Es	Impacto (%)	Cómo Debería	Impacto (%)
ADHOCRACIA	325	18,06%	610	33,89%
CLAN	610	33,89%	515	28,61%
JERÁRQUICA	565	31,39%	305	16,94%
MERCADO	300	16,67%	370	20,56%

Modelo de Gestión de la Convergencia e innovación en empresas de Base Científico – Tecnológicas

Blanc Rafael Lujan; Rodriguez Alejandra; Ruhl Leonardo; Lepratte Leandro

*UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay
rafaellujanblanc@yahoo.com.ar*

RESUMEN

Los intensos cambios impulsados por la creciente convergencia entre las Tecnologías de Información y Comunicación, las Biotecnologías, las Nanotecnologías, las Ciencias Cognitivas presentan ventanas de oportunidad para desarrollar empresas. Este trabajo tiene por objetivo proponer un modelo de gestión de la convergencia en la empresas y emprendimientos de base científico – tecnológicos. Se utiliza un enfoque de management de la convergencia, desarrollo de capacidades dinámicas y human talent. Se diseña un modelo teórico y testea en 3 casos de empresas mediante entrevistas. En base al análisis de los casos se ajusta el modelo y se establecen los insumos, procesos y resultados conforme a las dimensiones de estrategia. El modelo holístico propuesto establece feedback entre tres dimensiones estratégico – operativas. Las estrategias científico – tecnológicas (1) que se operativizan en plataformas de convergencia. Las estrategias negocios (2) que se operativizan en la transformación de firmas hacia organizaciones en red y de ecosistemas. Y las estrategias de innovación (3) que se operativizan en el desarrollo de capacidades, actividades de I+D y la conformación de comunidades de práctica. Estas 3 dimensiones estratégico – operativa definen el modelo de management tecnológico y de la innovación diseñado. Finalmente se proponen lineamientos para ingenieros y administradores relacionados con este tipo de empresas.

Palabras Claves: Innovación, convergencia, management, tecnologías, bio-nano-tic.

ABSTRACT

The intense changes driven by the growing convergence between Information and Communication Technologies, Biotechnologies, Nanotechnologies, and Cognitive Sciences present windows of opportunity to develop companies. This work aims to propose a model for the management of convergence in companies and enterprises with a scientific - technological base. A convergence technology management approach, dynamic capabilities development and human talent are used. A model is designed and tested in 3 cases of companies through interviews, after its analysis the different models are adjusted and the inputs, processes and results are established according to the strategy dimensions. The proposed holistic model establishes feedback between three strategic - operational dimensions. The scientific - technological strategies that are operationalized in convergence platforms. Business strategies that are operationalized in the transformation of firms towards network and ecosystem organizations. And the innovation strategies that are operationalized in the development of capacities, R&D activities, and the formation of epistemic communities. General action roadmaps are defined from these strategic - operational dimensions. Finally, guidelines are proposed for engineers and administrators related to this type of companies.

Keywords: innovation, Convergence, management, technologies, bio-nano-ICT.

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la Convergencia Tecnológica (CT), cobra relevancia en los últimos años a partir de estudios académicos, redes de investigadores, gestores tecnológicos y formuladores de políticas de ciencia, tecnología e innovación. En sentido amplio hace referencia a procesos de innovación y efectos de cambios tecnológicos, económicos y sociales generados por las interacciones entre nanociencias y nanotecnologías, biotecnologías, TIC y ciencias cognitivas o también denominadas NBTC [1].

Es a partir de estudios recientes basados en el análisis de publicaciones científicas, patentes y del tipo technological forecasting [2, 3], que la Convergencia Tecnológica (CT), cobra relevancia como proceso de cambio tecnológico e impulsor de innovaciones con carácter irreversible. Sin embargo, la literatura especializada evidencia que el campo de estudios sobre CT se encuentra aún en consolidación [3, 4] y, por tanto, la definición sobre CT también continúa siendo debatida [5]. En muchos casos se utiliza para dar cuenta de este fenómeno otras nociones: fusión, emergencia, crossfertilization, e hibridización de tecnología, que en definitivas coinciden en una creciente tendencia a borrar los límites (efectos transfronterizos) entre ciencia, tecnologías, mercados e industrias [2; 5].

Además del ámbito académico, organismos internacionales también han utilizado el concepto como la OECD (2004) [6], que mencionan a la CT como la desaparición de los límites entre las regulaciones y la técnica que impacta en sectores de la economía o como los crecientes solapamientos entre tecnologías, servicios y firmas que se dan en diferentes sectores económicos. Desde el punto de vista metodológico, el estudio sobre Convergencia Tecnológica (en sentido amplio) hasta entrado el Siglo XXI, se ha centrado en considerarla como una especie de “síntoma” u emergente, y estas perspectivas no han variado significativamente hasta la actualidad [3, 7] donde los estudios sobre CT se han centrado en el análisis del fenómeno de convergencia en base a patentes y publicaciones para establecer mediciones e indicadores de convergencia de conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos donde se encuentran implicadas las Nanotecnologías, Biotecnologías, Informática y Ciencias Cognoscitivas (NBIC) y efectuar a partir de estos, ejercicios de technological forecasting [2, 8]. También se han efectuado análisis cuantitativos de fusiones empresarias [9], o ciertos comportamientos intersectoriales y prominentes acercamientos entre tecnologías relacionadas con diferentes sectores y/o productos [10]. Ante esta situación de debate y construcción del campo de estudios de CT, la reacción es que la producción de conocimiento sobre esta y las prácticas de CT en firmas e instituciones CyT ha crecido significativamente en los últimos años, y en particular en los campos de organización industrial, ingenierías, management de la innovación y estudios sociales de la tecnología, como así también en los de políticas industriales, de educación superior, y de Ciencia, Tecnología e Innovación en países desarrollados fundamentalmente [3].

En América Latina, los esfuerzos por estudiar la Convergencia Tecnológica han sido escasos y se encuentran en estado incipiente o en desarrollo inicial a través de redes académicas como en México la Red de Convergencia de Conocimiento para Beneficio de la Sociedad, la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad, en Argentina en iniciativas como la red de Bioeconomía del MINCYT, y en Brasil líneas de financiamiento público como las de Finep Start up, que se orientan a convergencia entre tecnologías e industrias emergentes relacionadas con NBIC [11]. En Argentina, en particular, los trabajos orientados en este sentido son escasos, y se han relacionado básicamente con estudios del sector de biotecnologías [12] y fármaco químicas [13].

Los trabajos de investigación sobre convergencia tecnológica son también incipientes en América Latina, se encuentran aquellos orientados a convergencia tecnológica en particular del campo de TIC y medios de comunicación y su relación con el ámbito educativo. Pero son escasos los trabajos relacionados con CT, tal como lo estamos planteando en este artículo, es decir como proceso amplio que genera emergentes sistémicos entre ciencia, tecnología, industrias y mercados y tienen impacto directo sobre la innovación y la competitividad de las firmas en el que se relacionan disciplinas y tecnologías del tipo NBTC.

Por esto, existe cierto consenso, en particular en América Latina, que es necesario desarrollar investigaciones exploratorias y explicativas de los procesos de convergencia tecnológica, desde abordajes sistémicos, relacionados con innovación y modalidades de gestión en firmas e instituciones y las interacciones de estas con los mercados.

De ahí que planteamos las siguientes cuestiones para responder en este trabajo: ¿es posible plantear un modelo de gestión para empresas de base tecnológica atendiendo las particularidades de los entornos de economías en desarrollo como la Argentina?, ¿qué factores y dimensiones deberían contener estos modelos de gestión tecnológica y de la innovación?

Para responder a estas cuestiones recurriremos a aportes teóricos relacionados con el management del cambio tecnológico y la innovación [4], como así también al enfoque de modelos de negocios y capacidades dinámicas [14] y enfoques sobre talento humano orientados a la CT, servitización y transformación digital [15].

De este modo el objetivo principal es proponer un modelo de gestión de la convergencia en la empresas y emprendimientos de base científico – tecnológicos. Las Empresas de Base

Tecnológica (EBT) son aquellas que tienen que buscar desarrollar e ingresar al mercado nuevos productos y/o servicios en base a hallazgos del ámbito científico y/o tecnológico. Las EBT implican procesos de convergencia científico – tecnológicos, industrial y de mercado. En ellas se dan dinámicas de co-construcción de conocimientos y plataformas científico – tecnológicas, co-creación de ecosistemas de negocios y co-producción de innovaciones tecnológicas y no tecnológicas. De estas dinámicas y trayectorias participan una heterogeneidad de actores (firmas e instituciones). En particular intervienen de grupos sociales relevantes como investigadores, técnicos y profesionales de instituciones de ciencia y tecnología como así también emprendedores e inversores públicos y privados que impulsan estas iniciativas de negocios.

El artículo se organiza con una sección 2, que expone el marco de referencia sobre convergencia tecnológica y gestión tecnológica y de la innovación de la CT. Luego se explicita el planteo metodológico de análisis de casos y elaboración del modelo general (Sección 3). En la Sección 4, se discute el modelo y plantea un road mapp genérico. Finalmente, en las conclusiones se plantean algunas cuestiones de agenda de investigación y aportes para la práctica de ingenieros y managers relacionados con este tipo de firmas.

2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1. Sobre el concepto de convergencia tecnológica.

El concepto de convergencia tecnológica (CT), encuentra sus primeros antecedentes en los trabajos de historia de la industria y la tecnología elaborados por N. Rosenberg [16]. Desde ahí, y hasta principios del siglo XXI, diversos autores aún la consideraban como mera estilización teórica de una trayectoria o proceso de cambio tecnológico en la industria, en especial vinculada con el análisis de ciertos fenómenos del campo TIC [17, 5] o como promesas de oportunidades para generar nuevos modelos de negocios [15].

Hacia la década del 2000, se utiliza el concepto de “convergencia tecnológica” para referirse al impacto de la revolución digital que da lugar a la unión entre telecomunicaciones, TIC, internet y electrónica de consumo, influyendo en una nueva generación de productos y servicios que se integran entre diferentes industrias y tecnologías a través de procesos de innovación [18].

En sentido amplio la Convergencia Tecnológica (CT) puede ser caracterizada como: convergencia científica, que emerge desde diferentes disciplinas o áreas del conocimiento; convergencia tecnológica propiamente dicha, que combina tecnologías de diferentes ámbitos de aplicación; y convergencia industrial que une partes de empresas con diferentes bases tecnológicas y campos de aplicación, con necesidades de grupos consumidores en diferentes mercados [2].

2.2. Gestión tecnológica y de la innovación de la convergencia tecnológica.

Partiendo de esta noción amplia de CT nos situamos en el campo del management de la tecnología y la innovación (MOT) [19]. Desde este campo caracterizamos a la convergencia tecnológica en tanto proceso donde, en un dominio común de resolución de problemas, conocimientos y tecnologías se recombinan para resolverlos o promover la emergencia de nuevas soluciones tecnológicas. De esta forma se reconoce a la CT como un complejo proceso que implica a la innovación y que involucra capacidades dinámicas y modalidades de gestión organizacionales [4, 20]

Hacklin [4] considera que existen incipientes antecedentes de estudios sobre CT a nivel de firmas, y que se centran en dos grandes perspectivas: los estudios sobre sectores industriales en general, y aquellos que relacionan al fenómeno de la CT con otros como la innovación, la integración de mercados, la integración entre firmas, las estrategias y modelos de negocios, entre otras cuestiones. Este estado de la cuestión fundamenta la necesidad de efectuar nuevos aportes para la conformación de un corpus teórico y metodológico para estudiar a la CT como un proceso complejo a nivel de las firmas que relacione a este con: estrategias y alianzas estratégicas de las firmas, los límites y cooperación entre firmas, sectores e instituciones de CyT, la redefinición de mercados, los procesos de innovación y cambio tecnológico, la recombinación de conocimientos [20].

Desde la perspectiva del *management de la tecnología y la innovación* el fenómeno de la convergencia tecnológica (en sentido amplio) es entendido como un proceso evolutivo de cambio tecnológico, que es iniciado por spill-over coevolutivos en base a conocimientos de diferentes industrias (sectores), y que sucesivamente puede expandirse en diferentes niveles de convergencia, que eventualmente pueden dar origen a nuevos sectores industriales. Desde un punto de vista analítico, en los inicios de este proceso complejo y evolutivo, se dan spill-over co evolutivos serenditipios (dentro de las organizaciones y entre organizaciones) en base a diferentes fuentes de conocimientos que no se encuentran asociadas previamente, y que erosionan los límites establecidos entre conocimientos específicos vinculados a determinados perfiles industriales; a esto se lo denomina Convergencia de Conocimientos.

La aplicación de estos conocimientos convergentes (Applicational convergence) para la resolución de problemas, cambios de reglas y rutinas, identificación de oportunidades y creación de nuevas formas de valor, dan lugar a dinámicas de innovación en las firmas en entorno complejos

[21, 22, 23]. Las innovaciones tecnológicas y no tecnológicas pueden dar lugar, en los procesos de convergencia a la emergencia de fenómenos de convergencia industrial, donde se borran límites entre industrias de diferentes sectores, y emergen aplicaciones en común [10].

Desde una perspectiva evolucionista se considera que las firmas que desarrollan procesos de búsquedas y aprendizajes para cambiar sus reglas y rutinas, y en esto el mercado y la economía influyen también como procesos de selección de estas, esto da lugar a procesos de Convergencia Tecnológica. Ahora bien, para hacer frente a las contingencias planteadas por procesos de convergencia tecnológica, las firmas necesitan desarrollar capacidades dinámicas para internalizar los cambios estructurales que se dan en la industria a nivel de sus organizaciones efectuando adaptaciones de primer orden (innovaciones incrementales) y segundo orden (innovaciones radicales y/o disruptivas) [20, 24, 25]

3. METODOLOGÍA.

Basados en lo planteado en forma teórica, la estrategia investigativa se centra en el análisis de la convergencia tecnológica en sentido amplio (CT) y en tanto proceso complejo y evolutivo, acotando el ámbito empírico a los fenómenos de convergencia industrial, que se han observado entre diferentes sectores. El análisis empírico está basado en el estudio de casos comparativos [26, 27] sobre procesos de convergencia industrial, que tienen en cuenta también las relaciones entre conocimientos científicos y tecnológicos y demandas de mercado que dan lugar a nuevas tecnologías, productos y procesos, como así también innovaciones no tecnológicas, como los renovados modelos de negocios y organizacionales que rápidamente se difunden a través de los límites de una industria o conduciéndose hacia segmentos inter-industriales. [28]

Se estilizan aquí tres casos de empresas de base tecnológica en Argentina. Las denominaciones de estas se encuentran anonimizadas hasta que se concluya la investigación y se establezcan los resultados definitivos. Esto ha sido pautado con las firmas. El Caso 1 (C1) es una firma en incubación se dedica a biomateriales para el ámbito de salud y medicina. El Caso 2 (C2) es un startup que trabaja en desarrollos para aplicación de tecnologías emergentes TIC en agro. El Caso 3 (C3) es también un startup que desarrolla productos para óptica biomédica con nuevas tecnologías TIC.

4. ANÁLISIS DE CASOS.

A continuación, se estilizan los tres casos analizados.

Caso 1 (C1)

Es una Startup compuesta por 7 ingenieros especialistas en materiales y TIC. Esta se ha desarrollado con fondos propios y dineros de familiares. También han contado con apoyos públicos para compras de equipos como FONTAR, FONARSEC y EMPRETECNO. De la misma manera han contado con fondos de incubadoras públicas orientadas a Nanotecnología. Actualmente se encuentra incubada en instalaciones de Fundación Argentina de Nanotecnología, que funciona en el campus de una universidad en la ciudad de Buenos Aires. La estrategia de negocios se basa en la diversificación en base a conocimientos acumulados para el tratamiento y desarrollo de productos odontológicos (biomateriales) en base a zirconio. Es un spillover que utiliza conocimientos acumulados por la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica) en Argentina. También cuentan con una alianza para desarrollos de productos con Nucleoeléctrica Argentina S.A. Esto sucede dado que el zirconio es un material que se utiliza en las estructuras para reactores nucleares. Los primeros pasos que llevaron adelante se centraron en diseñar una metodología de proceso productivo para el zirconio. La Fundación financió proyectos de Desarrollo de matrices para inyección y/o extrusado. C1 compra algunas matrices y otras desarrolla dado que hay una gran diversidad). Compra una y con recursos humanos expertos en el tema “Laboratorios de Nanofab” (microscopía, análisis de materiales, pruebas, etc.) intervienen para trabajar sobre esas matrices compradas y que aquí se adaptan. Desarrollando productos estándar y a medida (esto último como servicio). Zirconio se está expandiendo a muchas áreas en biomedicina. Es un material con mucho potencial en nanomateriales. Tecnologías y procesos desarrollados en base a este material han migrado su aplicación a la industria nuclear, medicinal, aeroespacial y armamentística. Las grandes empresas a nivel internacional que producen biomateriales para salud en base a titanio están en búsqueda activa para comprar startup de biomateriales alternativos a este. El core de negocios es hoy prótesis dentales. Y dado que hay tiempo ocioso este se destina a I+D y poseen un know how importante para aplicar al desarrollo de otros productos. La inversión básicamente se encuentra en proyectos de bajo costo buscando que C1 sea productor y comercializador. También existen proyectos de gran alcance que se sustentan con financiamiento público. Lo que se está buscando actualmente es establecer alianzas estratégicas con socios que puedan financiar la comercialización del producto / servicio para convertirse en una multinacional, y sostener inicialmente el núcleo de producción en Argentina. Aunque evalúan también hacerlo en otros países. Existen insumos críticos importados desde Japón y Alemania. La protección intelectual se centra en el know how acumulado de larga

trayectoria en los recursos humanos que componen la empresa y las instituciones desde donde surgieron. Aquí radica su core del negocio y diferenciación. Producto “high tech” para el mercado, con bajo costo de producción y altos márgenes para sus distribuidores. Permite precios de mercado mayores a productos competidores por su diferenciación en términos sanitarios y de estética. Poseen certificaciones ISO y ANMAT. Actualmente su producto principal reemplaza a prótesis en titanio o metálicas diferenciándose en términos sanitarios y también estética y prótesis. No vende directamente sino a través de clientes (distribuidores). Poseen un centro de innovación, donde se efectúan procesos de vigilancia tecnológica permanente. Brasil es el mercado más importante a nivel mundial, y se evalúa tener una planta de producción en él. También Estados Unidos representa otro mercado destino clave. En Argentina son únicos y a nivel mundial son pocos jugadores (6 o 7). Se diferencian de estos por su metodología de producción. Participan activamente en rondas de negocios buscando incorporar socios locales más que ir hacia la venta a nivel internacional. Se encuentran trabajando en innovaciones en biomateriales para implantología. Participa activamente en una comunidad de práctica relacionada con bio y nanomateriales en el entorno de un ecosistema de instituciones y empresas de base tecnológica en Buenos Aires, Argentina. En este se encuentran: CNEA, INTI, UNSAM, CITEDEF, UBA y Fundación Argentina de nanotecnología (incubación). Considera que el mover primero en otros productos relacionados debe ser la estrategia para ingresar a mercados y no tanto la protección intelectual. Actualmente cuenta con planes de expansión en Brasil y Estados Unidos

Caso 2. (C2)

Esta start up se desarrolla a partir de una tesis de grado de ingeniería electrónica cuyo objetivo fue desarrollar una tecnología para el reconocimiento de malezas utilizando video. Tenía por objetivo mejorar la aplicación y uso de herbicidas en cultivos de soja. A partir de esto se elabora un artículo científico y se presenta a un Hackaton de agro 2017 en Rosario, Argentina. La propuesta gana. Uno de los integrantes del equipo proviene de familia de agropecuarios de mediano porte, que facilita financiamiento y ámbito en terreno para experimentación. Se incorpora luego al equipo un especialista en ciencias de la computación con conocimientos sobre Machine Learning, Inteligencia Artificial y Computer Vision, que a su vez tuvo experiencia en creación de otras empresas basadas en inteligencia artificial. Fueron 5 los iniciadores y luego una empresa de 15 personas y se está por incorporar más personal en 2021. La dotación de talento humano se basa en: técnicos e ingenieros electrónicos, electromecánicos, licenciados en administración y en mayor medida profesionales de ingeniería de software y especialistas en inteligencia artificial. Cuentan con empleados destinados a finanzas, triple impacto, recursos humanos y cuestiones legales. El núcleo de los recursos humanos y la circulación de conocimientos core de la empresa se dan por pertenecer a la carrera de Ciencias de la Computación y de Ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Rosario. La startup además cuenta con convenios con la UNCuyo (sobre mecatrónica) y la Facultad de Agronomía de UNR.

Y también tiene tesistas de posgrado relacionadas con una de sus soluciones tecnológicas núcleo del negocio. Por ejemplo un tesista en UBA en una especialización en Machine Learning.

La startup trabaja con insumos importados y hay otros que son diseños propios que luego se envían a producir a China u otro lugar. Se busca patentar el sistema en general porque en software es complejo. El producto core hoy es prototipado y se encuentra en escala de ensayos a campo (Rosario, Salta, Chaco, Córdoba).

Hay tecnologías similares en el mercado que usan sensores de índice de vegetación con 15 años ya (sensores con índices verdes). El diferencial del producto de C2 es que este trabaja con cámaras de video no por sensores y diferenciando la morfología de la planta pueden diferenciar cultivo y maleza en cualquier estadio. Hay competencia a nivel mundial de startups que están en lo mismo estadio. En cuanto a los mercados, Brasil es un objetivo, Uruguay y luego Estados Unidos. Han desarrollado en paralelo otras soluciones para agro en base a inteligencia artificial y computacional vision junto con empresas de México, Bolivia, etc. Poseen un equipo de desarrollo y análisis de requerimientos de algunos problemas de clientes a lo que les prestan servicios. Junto a financiamientos públicos y privados, la participación en competencias de startup sirve para expandir la estructura y consolidar la empresa. También buscan alguna alternativa de convergencia en el modelo de negocios de otros a través de la prestación de servicios y/o desarrollos de tecnologías específicas. Se contactan permanentemente con empresas del rubro agro para solucionarles problemas. Entre 2021 y 2022 se apunta a que salga su producto core al mercado. Participan de comunidades de prácticas y ecosistemas de negocios relacionados con, INTA, CREA LAB, APRECID, UBA. Utilizan fondos de I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación. Han contado con ANR y préstamos de MINCYT para compra de insumo. El director operativo ha cursado formación de posgrado en Gestión de la innovación y vinculación tecnológica (director operativo). Han recibido también financiamiento de Fondo Semilla.

Caso 3 (C3)

Nace de la idea de un grupo de óptica biomédica, en base a investigadores (doctores en física) de una Universidad y un instituto de investigación de dos ciudades diferentes del país (todos ellos miembros del CONICET). En 2005 inicia el grupo la investigación básica luz infrarroja en medios biológicos, siendo un tema relativamente novedoso en el mundo (se incorpora a partir de relaciones académicas de posgrado con instituciones universitarias de Alemania). En 2010 se desarrollan diferentes líneas específicas de posibles desarrollos. La primera línea es con aplicación en mamografía y la más fuerte. Aquí es central la cuestión de la convergencia científico – tecnológica para aplicar estos conocimientos sobre actividades metabólicas e identificar lesiones. Una tesis pasa del laboratorio al desarrollo tecnológico: mamógrafo óptico, que ingresa en proceso de patentamiento. Se dan desde ahí interacciones con instituciones científicas y tecnológicas. Se ingresan en concursos de ideas innovadoras nacionales. Desde ahí se ingresa en la vinculación con incubadoras de empresas, y otras start up de base tecnológica. Están siendo incubadas actualmente (2021) en INVAP. Se suman recursos humanos de ingeniería biomédica más recientemente que incorporan estos conocimientos y otros relacionados con negocios y productos biomédicos. Actualmente se encuentra en etapa de prototipado. Se incorporan también conocimientos de TIC, desarrollo de software. El mercado de herramientas diagnósticas para salud es muy dinámico, esta manejado por grandes jugadores que no hacen desarrollos de nicho, sino que una vez probados e ingresados al mercado en forma potencial los buscan adquirir. Existen unas pocas start up con tecnología y propósitos similares en desarrollo. El core diferenciador del producto de esta empresa es que tiene bajos efectos colaterales, no invasivas, diferenciadas por bajo costo y de fácil manejo operativo (autónomos). Se diferencia de tecnologías de mamógrafos de rayos X y de ultrasonidos. Con el primero por cuestiones de costos y personal técnico especializado para su manejo. Con el segundo, no se diferencia tanto en precio, pero si en los niveles de precisión de la tecnología diagnóstica. Una aceleradora de fondos privados finanza su capital semilla por 2 años, y está localizada en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad. Los ensayos de prototipos se buscarán hacer en clínicas de Argentina, conforme a las regulaciones sanitarias del país. Tienen aún escasos avances y capacidades relacionadas con comercialización, aunque se encuentran conformando la red de posibles clientes.

Tabla 1. Estilización dimensiones de análisis comparativo de casos.

Dimensiones del modelo		Caso 1	Caso 2	Caso 3
Origen		Spin off institución científica pública y empresa de base tecnológica público – privada (madura)	Startup de iniciativa privada en base a spillover de conocimiento de skills especializadas en tecnologías emergentes.	Startup de iniciativa público –privada en base a spillover de conocimiento de skills especializadas en tecnologías emergentes.
Management tecnológico y de la innovación		Grupo de I+D con respaldo Institución de CyT y de Incubación Vigilancia tecnológica sistemática Skills de Gestión de la Innovación	Grupo de I+D informal con respaldo progresiva formalización Área de negocios y comercialización Skills de Gestión de la Innovación	Grupo de I+D formal con progresiva incorporación de skills de administración de negocios y comercialización
Capacidades dinámicas (skills rutinas) y	Capacidades tecnológicas-productivas	Producción propia (core de diferenciación en el proceso) Exploración de alianzas de producción en el exterior	Producción propia Exploración de alianzas de producción con clientes nacionales y/o en el exterior	Producción propia (core de diferenciación en el proceso) Exploración de alianzas de producción en el exterior
	Capacidades de comercialización – marketing	En desarrollo con núcleo propio y alianzas estratégica en mercados nacionales e internacionales	En desarrollo con núcleo propio y alianzas estratégica en mercados nacionales e internacionales	En desarrollo con núcleo propio y alianzas estratégica en mercados nacionales e internacionales
	Capacidades de innovación	Acumuladas en larga trayectoria institución de CyT de respaldo. Especialización y diversificación en línea de productos y servicios	En red con clientes, proveedores, e instituciones universitarias y de CyT.	Acumuladas en larga trayectoria institución de CyT de respaldo. Especialización y diversificación en línea de productos y servicios
Procesos de convergencia	Co-construcción de conocimientos	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas Relevancia de Actores de Polo Tecnológico donde se incubaba	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas en actores públicos y privados Relevancia Especialización Agro del país	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas Relevancia de Actores de Institución de CYT donde se incubaba

	Co-generación de valor (clientes, tipologías, diferenciación)	Bajo costo, alto margen, venta como producto high tech (precio arriba de la competencia por diferenciación calidad y cualidades de producto) Desarrollos a medida de clientes	Diferenciación por prestaciones de servicios respecto a otros productos de la competencia Gestión de la información	El core es bajos efectos colaterales, no invasivos desde la prestación para el ámbito de la salud. Bajo costo del producto y de fácil manejo operativo (autónomos).
	Co-producción de innovaciones	I+D propia Alianzas con emprendedores tecnológicos Know how de procesos productivos Mover primero	I+D propia Alianzas con emprendedores tecnológicos Know how de procesos productivos Mover primero	I+D propia Know how de procesos productivos Patentamiento en proceso Mover primero
Resultados de los procesos de convergencia	Plataformas científico-tecnológicas-productivas	Polo científico – tecnológico de localización y especialización Convergencia científico – tecnológica (interdisciplina)	Polo científico – tecnológico de localización y especialización Convergencia científico – tecnológica (multidisciplina)	Polo científico – tecnológico de localización y especialización Convergencia científico – tecnológica (interdisciplina)
	Ecosistemas de negocios	Convergencia de mercado Nacional e internacional	Convergencia de mercado Nacional e internacional	Convergencia de mercado Nacional e internacional
	Comunidades de prácticas	Convergencia industrial Red de instituciones universitarias y científico tecnológicas nacionales e internacionales.	Convergencia industrial y servitización Clientes proveedores. Red de instituciones universitarias y científico tecnológicas nacionales e internacionales.	Convergencia Industrial Red de instituciones universitarias y científico tecnológicas nacionales e internacionales.

Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN. Planteo de Modelo Exploratorio.

De los casos analizados se evidencia que la convergencia tecnológica en sentido amplio es entendida como proceso que relaciona en las firmas tres grandes dimensiones de la gestión tecnológica y de la innovación:

- factores condicionantes endógenos y exógenos (ambiente-sectoriales),
- modalidades de gestión estratégica del negocio, de la tecnológica y de la innovación
- capacidades dinámicas.

Entre los *factores endógenos* (a nivel firmas) se encuentran:

- la búsqueda de oportunidades que efectúan estas en sectores diferentes al propio,
- las nuevas tecnologías que permiten relacionar productos individuales dentro de grandes sistemas tecnológicos,
- nuevas tecnologías que son descubiertas e incorporadas a satisfacer necesidades conjuntamente con otras existentes,
- las estrategias de diversificación y alcances de las tecnologías,
- las firmas start-up que promueven creativas formas de gestión y modelos de negocios.

Mientras que los *factores exógenos* (sectoriales) podrían ser:

- efectos spill over de conocimientos en base a especialización productiva,
- la emergencia de polos de conocimiento colectivo,
- el aumento de la conectividad y cooperación que provee generación de conocimientos y nuevos estándares tecnológicos, de producción, gestión;
- la ubicuidad de la información, desregulaciones, similitudes en las demandas de diferentes grupos de consumidores, digitalización, cambios en las cadenas de valor [4].

También requiere de capacidades dinámicas para comprender, aprender y gestionar los conocimientos provenientes de diferentes disciplinas, conjuntos de habilidades y culturas involucradas, que deben ser integradas en una lengua en común. Así también debe desarrollar capacidades dinámicas en base al ambidestreza gerencial [29] que todo el tiempo explore y explote oportunidades actuales y emergentes a partir de nuevos procesos de convergencia industrial [30, 31].

Desde la perspectiva cognitiva y constructivista la dimensión clave de la convergencia a nivel organizacional es la cognoscitiva [32, 33], ya que la integración del conocimiento en los intersticios entre diferentes campos disciplinarios, en particular Nano Bio Tic Cogno [1], se está convirtiendo en un desafío clave para la gestión de la innovación. A medida que las disciplinas convergen en nuevos campos híbridos, como la tecnología de la información y la comunicación o la nanobiotecnología, finalmente crean ganadores y perdedores, ya sean nuevas empresas que desplazan a las existentes o ámbitos científicos mejor posicionados para obtener recompensas de nuevas subvenciones específicas. Otro aspecto relevante que se evidencia en los casos es la importancia de la interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad, en la convergencia industrial principalmente [20]

Conforme con algunas aproximaciones recientes [34] sobre procesos de cambio tecnológico en firmas que incorporan tecnologías emergentes adaptamos componentes de estos a la propuesta exploratoria que planteamos aquí.

El Modelo (Figura 1) se basa en las contribuciones sobre trayectorias evolutivo-sistémicas y capacidades dinámicas [35] y la dinámica del sistema actor-reglas [36]. Destaca las habilidades cognitivas superiores acumuladas y estratégicas orientadas a construir y sostener ventajas competitivas (vía estrategias tecnológicas, empresariales y de innovación) a nivel organizacional [37, 38]. Las empresas de base tecnológica desarrollan sus estrategias de acuerdo con su path dependence dentro de complejas transiciones socio-técnicas. Sin embargo, los cambios sociotécnicos no impactan a las empresas de una manera completamente determinista porque operan en la dinámica del sistema actor-reglas. Aquí, dos tipos de estrategias son relevantes: estrategias tecnológicas y estrategias de negocios.

Las estrategias tecnológicas apuntan a ejecutar procesos de convergencia científico – tecnológicas basadas en capacidades a nivel organizacional. La especificidad de las capacidades científico-tecnológicas radica en la idea de que están orientadas a mejorar los recursos, las rutinas y las habilidades de detección y producción de conocimientos, tanto internas como externas a la organización. En cuanto a esto último, las tecnologías digitales permiten abrir los límites de las empresas y generar relaciones de co-construcción de conocimiento con clientes y otros grupos de interés a través de plataformas cruzadas. La gestión del conocimiento desde las plataformas científico tecnológica crea un cambio disruptivo en la forma en que funcionan las capacidades dinámicas de detección y generación de conocimientos [34]. Así, las capacidades científico-tecnológicas generan innovaciones organizativas de diferente alcance. Las externas, para que las empresas desarrollen capacidades relacionales generando diferentes dinámicas de redes socio-técnicas. Estas redes utilizan modos de gobernanza relacional únicos que impactan las estrategias tecnológicas orientadas a la convergencia tecnológica. La co-construcción del conocimiento, las sinergias de redes socio-técnicas y los niveles de aprendizaje en un entorno de conocimiento distribuido muestran el grado de virtuosismo que pueden tener las estrategias tecnológicas de las empresas de base tecnológica.

A partir del desarrollo de estas estrategias científico – tecnológicas y sus respectivas capacidades, en paralelo (en forma abierta e iterativa) las EBT definen sus estrategias de negocios basadas en CT. Las estrategias de negocios de CT utilizan combinaciones entre la nano, bio, tic, ciencias cognitivas y sus capacidades relacionales para innovar o diseñar nuevos modelos de negocios. Por tanto, suponemos que se requiere un umbral mínimo de estas capacidades para promover capacidades dinámicas orientadas a actividades de apoderamiento, con diferentes modos y niveles de explotación y exploración del conocimiento. En este contexto, la interacción entre capacidades dinámicas y modelos de negocio tiene un propósito central, potenciar la co-creación de valor.

Las capacidades y habilidades de gestión y administración empresarial se ocupan de procesos de cocreación que inciden en las propuestas de valor de acuerdo con distintas lógicas dominantes de la CT. De esta manera, se pueden analizar los diseños organizacionales de los ecosistemas de plataforma según quién es el propietario de la plataforma, los mecanismos de cocreación de valor y la autonomía de los stakeholders. Por lo tanto, las innovaciones en marketing impactan a nivel de empresa e influyen en el nivel de empresa y la configuración global de los ecosistemas donde participan.

Junto con las estrategias tecnológicas y los modelos de negocio orientados CT las empresas desarrollan estrategias de innovación de acuerdo con el posicionamiento de su ecosistema. Se asume que los procesos de innovaciones de CT son emergentes sistémicos, que relacionan sistemas socio-técnicos y transiciones socio-técnicas (macro-nivel) y estrategias tecnológicas y de negocios y sus correspondientes capacidades dinámicas (micro-nivel). Nos enfocamos en temas de nivel micro y asumimos que las actividades de innovación en contextos de CT ocurren en procesos de coproducción mediados por capacidades dinámicas. A partir de plataformas y ecosistemas orientados a la CT, los procesos de coproducción se dinamizan en redes socio-técnicas que definen la calificación y singularidad de los servicios [39]. La coproducción también puede impulsar la aparición de nuevas redes / plataformas y ecosistemas de negocios digitales guiados por la lógica dominante en el servicio.

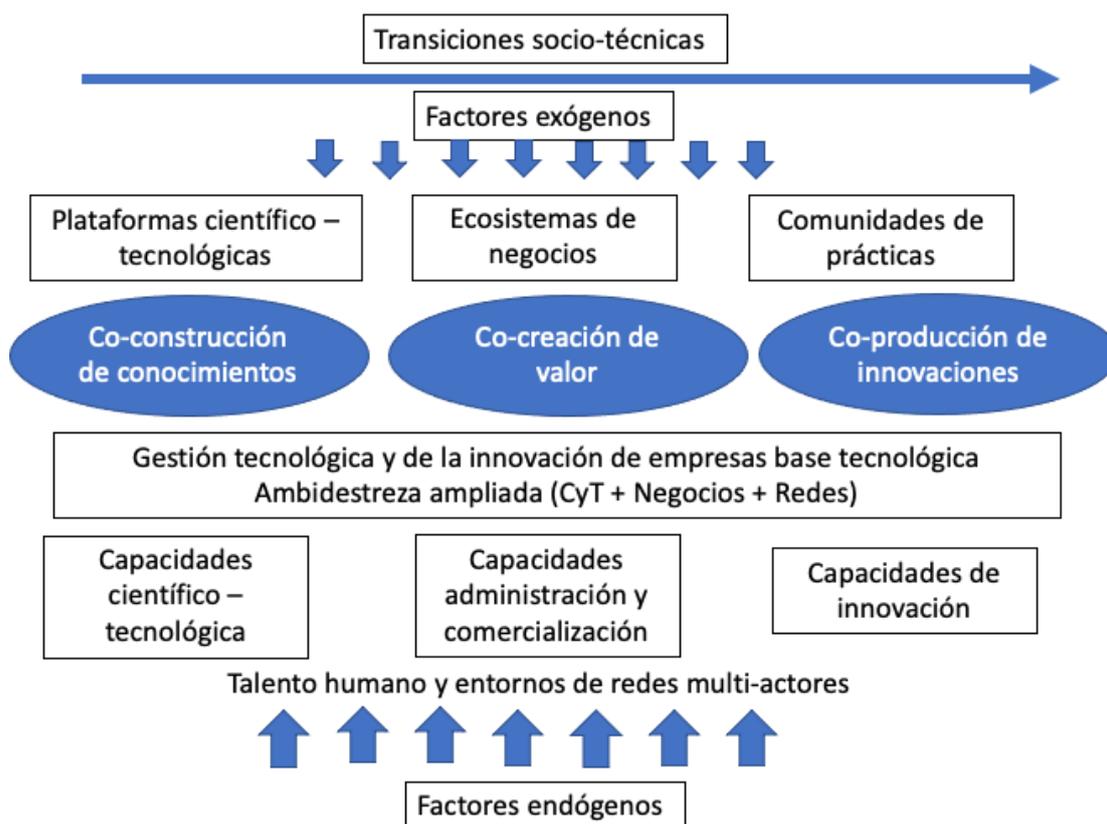


Figura 1. Modelo exploratorio de gestión tecnológica e innovación de empresas de base tecnológica.
Fuente: elaboración propia en base a Rodríguez, Lepratte, Rabetino [35]

6. CONCLUSIONES

La convergencia tecnológica está planteando junto a las tecnologías emergentes un nuevo paradigma de innovación. Esta muestra claramente que la noción de "industria" está cambiando, es decir que ya no pueden ser entendidos los procesos de innovación exclusivamente dentro de firmas individuales sino en nuevas modalidades organizacionales de carácter sistémico y/o en red, considerándose relevante estudiar a estos como un proceso que relaciona estrategias empresariales, procesos de innovación (tecnológicos y no tecnológicos) y resultados.

Este contexto plantea nuevos desafíos para incorporar y desarrollar skills en ingenieros y científicos que deciden orientar sus actividades hacia el ámbito de los negocios de base tecnológica. Como así también para administradores de empresas que se inclinan al mercado de las tecnologías emergentes y convergencia tecnológica. Consideramos fundamental desarrollar habilidades y acumular capacidades para:

Co-construcción de conocimientos orientados a aplicaciones (nuevos productos y/o servicios)

- gestión tecnológica y de la innovación de empresas de base científico – tecnológica
- vigilancia tecnológica e inteligencia de mercado
- plataformas TIC en base a tecnologías emergentes (AI, ML, entre otras).

Co-crear valor (en ecosistemas de negocios NBTC)

- Formulación, Gestión y administración de emprendimientos y negocios de base científico - tecnológicos.
- Ambidestreza ampliada (ciencia y tecnología con desarrollo de negocios).
- Gestión del talento humano.
- Desarrollo de equipos y redes multi-actores interdisciplinarios, multidisciplinarios y transdisciplinarios.

Co-producción de innovaciones (desarrollo de productos y servicios innovadores):

- formulación y gestión de proyectos y programas de I+D convergentes (nano, bio, tic, cogno)
- desarrollo de plataformas científico – tecnológicas orientadas a desarrollo de empresas de base tecnológica.
- redes de actores heterogéneos para co-producción de conocimientos.

La convergencia tecnológica, es también una meta de políticas en las economías y sociedades basadas en el conocimiento, ya que supone la emergencia de nuevas herramientas tecnológicas y de gestión de la innovación, que se integran en las interfaces de las NBTC, buscando dar soluciones

transversales a problemas sociales, productivos, naturales y de espacio generando nuevos ámbitos cognitivos, de investigación e ingenierías [1; 10; 11].

4. REFERENCIAS.

- [1] W. S. Bainbridge y M. C. Roco. (2016). «The Era of Convergence, en Handbook of Science and Technology Convergence, Springer, Cham, pp. 1-14. doi: 10.1007/978-3-319-07052-0_1.
- [2] C.-S. Curran, (2013). «Convergence, en The Anticipation of Converging Industries, Springer, London, pp. 9-61. doi: 10.1007/978-1-4471-5170-8_2.
- [3] E. Robles Belmont y L. Lepratte, (2019). «Desarrollo de la Convergencia Tecnológica: una mirada desde el análisis bibliométrico, Revista Diálogos sobre Innovación, vol. 3 (1), dic.
- [4] F. Hacklin. (2007). Management of Convergence in Innovation: Strategies and Capabilities for Value Creation Beyond Blurring Industry Boundaries. Springer Science & Business Media.
- [5] J. Lind. (2004) «Convergence: History of term usage and lessons for firm strategists., presentado en 15th Biennial ITS Conference, Berlin.
- [6] OECD (2004), "The Implications of Convergence for Regulation of Electronic Communications", OECD Digital Economy Papers, No. 83, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/232632377163>.
- [7] M. Amaro Rosales y E. Robles Belmont. (2013). Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana, Entre ciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 1, n.º 2, dic. doi: <http://dx.doi.org/10.21933/J.EDSC.2013.02.043>.
- [8] E.-S. Kim. (2018). Sociotechnical Imaginaries and the Globalization of Converging Technology Policy: Technological Developmentalism in South Korea, Science as Culture, vol. 27, n.º 2, pp. 175-197, abr. doi: 10.1080/09505431.2017.1354844.
- [9] F. Caviggioli. (2016). Technology fusion: Identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data, Technovation, vol. 55-56, pp. 22-32, sep. doi: 10.1016/j.technovation.2016.04.003.
- [10] Y. Geum, M.-S. Kim, y S. Lee. (2016). How industrial convergence happens: A taxonomical approach based on empirical evidences, Technological Forecasting and Social Change, vol. 107, pp. 112-120, jun., doi: 10.1016/j.techfore.2016.03.020.
- [11] F. Stezano, M. Casalet, y R. De Gortari. (2017) Convergencia Científica y Tecnológica. México: LANIA CONACYT.
- [12] [G. E. Gutman, P. Lavarello, y J. Cajal Grossi. (2006). La biotecnología y las industrias de ingredientes alimentarios en Argentina., Journal of Technology Management & Innovation, vol. 1, n.º 3, Accedido: jul. 02, 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=84710313>.
- [13] L. Lepratte, R. Blanc, y D. Hegglin. (2020). Innovación en la industria de nutrición y sanidad aviar de Argentina: estrategias de empresas intensivas en conocimiento, Mundo Agrario, vol. 21, n.º 47, Art. n.º 47, ago. doi: 10.24215/15155994e145.
- [14] D. J. Teece. (2018). Business models and dynamic capabilities, Long Range Planning, vol. 51, n.º 1, pp. 40-49, feb. doi: 10.1016/j.lrp.2017.06.007.
- [15] A. G. Frank, G. H. S. Mendes, N. F. Ayala, y A. Ghezzi. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective, Technological Forecasting and Social Change, vol. 141, pp. 341-351, abr. doi: 10.1016/j.techfore.2019.01.014.
- [16] N. Rosenberg. (1982). Inside the Black Box: Technology and Economics. Cambridge University Press.
- [17] D. Farber y P. Baran. (1977). The Convergence of Computing and Telecommunications Systems, Science, vol. 195, n.º 4283, pp. 1166-1170, mar. doi: 10.1126/science.195.4283.1166.
- [18] E. Bohlin, K. Brodin, A. Lundgren, y B. Thorngren. (2018) Convergence in Communications and Beyond, research.chalmers.se, 2000, Accedido: jun. 18. [En línea]. Disponible en: <https://research.chalmers.se/publication/26140>.
- [19] Y.-C. Chang, I. Miles, y S.-C. Hung. (2014) Introduction to special issue: Managing technology-service convergence in Service Economy 3.0, Technovation, vol. 34, n.º 9, pp. 499-504, sep., doi: 10.1016/j.technovation.2014.05.011.
- [20] J. Tidd y J. R. Bessant. (2016) Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change. WILEY INDIA.
- [21] F. Hacklin y M. W. Wallin. (2013) Convergence and interdisciplinarity in innovation management: a review, critique, and future directions, The Service Industries Journal, vol. 33, n.º 7-8, pp. 774-788, may, doi: 10.1080/02642069.2013.740471.
- [22] M. S. Feldman, B. T. Pentland, L. D'Adderio, y N. Lazaric. (2016). Beyond Routines as Things: Introduction to the Special Issue on Routine Dynamics, Organization Science, vol. 27, n.º 3, pp. 505-513, jun., doi: 10.1287/orsc.2016.1070.
- [23] L. D'adderio. (2011). Artifacts at the centre of routines: performing the material turn in routines theory, Journal of Institutional Economics, vol. 7, n.º 2, pp. 197-230, jun., doi:

10.1017/S174413741000024X.

- [24] A. Parmentier-Cajaiba, N. Lazaric, y G. Cajaiba-Santana. (2021). The effortful process of routines emergence: the interplay of entrepreneurial actions and artefacts, *J Evol Econ*, vol. 31, n.º 1, pp. 33-63, ene., doi: 10.1007/s00191-020-00691-7.
- [25] M. C. Becker, N. Lazaric, R. R. Nelson, y S. G. Winter. (2005). Applying organizational routines in understanding organizational change, *Industrial and Corporate Change*, vol. 14, n.º 5, pp. 775-791, oct., doi: 10.1093/icc/dth071.
- [26] T. Baker y R. E. Nelson, Creating Something from Nothing: Resource Construction through Entrepreneurial Bricolage, *Administrative Science Quarterly*, vol. 50, n.º 3, pp. 329-366, sep. 2005, doi: 10.2189/asqu.2005.50.3.329.
- [27] G. Goertz y H. Starr. (2000). *Necessary Conditions: Theory, Methodology, and Applications*. Rowman & Littlefield.
- [28] R. K. Yin. (2013). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE Publications.
- [29] A. Gambardella y S. Torrisi. (1998) Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry, *Research Policy*, vol. 27, n.º 5, pp. 445-463, sep., doi: 10.1016/S0048-7333(98)00062-6.
- [30] D. Vrontis, A. Thrassou, G. Santoro, y A. Papa. (2017). Ambidexterity, external knowledge and performance in knowledge-intensive firms, *J Technol Transf*, vol. 42, n.º 2, pp. 374-388, abr., doi: 10.1007/s10961-016-9502-7.
- [31] C. A. Brown. (2020). Axiomatic Design for Products, Processes, and Systems, en *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, Opportunities and Requirements*, D. T. Matt, V. Modrák, y H. Zsifkovits, Eds. Cham: Springer International Publishing, pp. 383-401. doi: 10.1007/978-3-030-25425-4_13.
- [32] K. M. Eisenhardt y J. A. Martin. (2000). Dynamic capabilities: what are they?, *Strat. Mgmt. J.*, vol. 21, n.º 10-11, pp. 1105-1121, oct., doi: 10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11.
- [33] B. Nooteboom. (2000) Learning by Interaction: Absorptive Capacity, Cognitive Distance and Governance, *Journal of Management & Governance*, vol. 4, n.º 1-2, pp. 69-92, mar., doi: 10.1023/A:1009941416749.
- [34] W. E. Bijker, T. P. Hughes, y T. J. Pinch. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press.
- [35] M. A. Rodríguez, L. Lepratte, y R. Rabetino. (2021). Dynamic Capabilities as Enablers of Digital Servitization in Innovation Ecosystems: An Evolutionary Perspective, *The Palgrave Handbook of Servitization*, pp. 181-195, doi: 10.1007/978-3-030-75771-7_12.
- [36] N. M. Kay, S. Leih, y D. J. Teece. (2018). The role of emergence in dynamic capabilities: a restatement of the framework and some possibilities for future research, *Ind Corp Change*, vol. 27, n.º 4, pp. 623-638, ago., doi: 10.1093/icc/dty015.
- [37] F. W. Geels. (2020). Micro-foundations of the multi-level perspective on socio-technical transitions: Developing a multi-dimensional model of agency through crossovers between social constructivism, evolutionary economics and neo-institutional theory, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 152, p. 119894, mar. doi: 10.1016/j.techfore.2019.119894.
- [38] G. P. Pisano. (2017). Toward a prescriptive theory of dynamic capabilities: connecting strategic choice, learning, and competition, *Ind Corp Change*, vol. 26, n.º 5, pp. 747-762, oct., doi: 10.1093/icc/dtx026.
- [39] Callon, Michel; Méadel, Cécile; Rabeharisoa, Vololona. (2002). The economy of qualities. *Economy and society*, vol. 31, no 2, p. 194-217.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los becarios de iniciación a la investigación del grupo GIDIC por su elaboración de reportes de los casos empresariales analizados. También agradecen los comentarios y recomendaciones de los evaluadores del COINI 2021 a versiones iniciales del artículo.

Análisis de criterios presentes y futuros mediante modelos ocultos de Markov para instalar un comedor infantil en un barrio

Bueno, Moisés Evaristo*; Dos Reis, María Rosa

Fac. Cs. Exactas - Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) - UNCPBA

Grupo de Estudio sobre Técnicas y Análisis de Decisiones en Ing. Sostenible (GESTADIS) - UTN
moibueno@gmail.com – mrosadosreis@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fundamental del trabajo consiste en analizar las diferencias entre las soluciones obtenidas mediante un método sin optimización, con respecto a otro método que utilice una herramienta de optimización, en este caso la aplicación de modelos de Markov a una problemática en el ámbito social.

La propuesta desarrolla una herramienta de asistencia profesional al proceso de toma de decisiones de una Organización No Gubernamental (ONG) ante el planteo de la necesidad de instalar un comedor para niños de hasta 12 años en situación de vulnerabilidad.

La importancia de la alimentación en niños de hasta 12 años es una problemática fundamentada científicamente en forma amplia. Además de la edad de los niños, existen características de espacio físico, recursos disponibles, capacidad de producción de almuerzos, entre otras. Un factor primordial que se tuvo en cuenta para determinar su situación es el cálculo del índice de masa corporal (IMC), el cual permite establecer una relación entre el peso y la talla del niño.

Para este análisis se utilizaron datos relevados a partir de encuestas realizadas por la ONG a las personas del barrio, y datos simulados a partir de la realidad observada. Se utilizaron Modelos Ocultos de Markov para incluir en el análisis cómo variarían las necesidades de este comedor a futuro.

La problemática social de los niños resultó motivadora entre los alumnos que trabajaron en el proyecto, aspecto de especial importancia en alumnos de carreras duras.

Palabras Claves: Markov, ayuda social, necesidades básicas, nutrición infantil

ABSTRACT

The main objective of the work is to analyze the differences between the solutions obtained by means of a method without optimization, with respect to another method that uses an optimization tool, in this case the application of Markov models to a problem in the social sphere.

The proposal develops a tool for professional assistance to the decision-making process of a Non-Governmental Organization (NGO) in view of the need to install a dining room for children up to 12 years of age in vulnerable situations.

The importance of nutrition in children up to 12 years of age is a scientifically well-founded problem. In addition to the age of the children, there are characteristics of physical space, available resources, lunch production capacity, among others. A primary factor that was taken into account to determine their situation is the calculation of the body mass index (BMI), which allows establishing a relationship between the child's weight and height.

For this analysis, data collected from surveys carried out by the NGO to the people of the neighborhood, and simulated data from the observed reality were used. Hidden Markov Models were used to include in the analysis how the needs of this dining room would change in the future.

The social problems of the children were motivating among the students who worked on the project, an aspect of special importance in students with hard careers.

Keywords: Markov, social help, basic needs, child nutrition

1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo forma parte de una serie de propuestas de investigación aplicada que se han venido desarrollando entre la UNICEN y la Facultad Regional Trenque Lauquen en temáticas de análisis y gestión del conocimiento mediante TICs aplicadas a ONGs. En este caso, la propuesta estuvo orientada a una ONG barrial de la ciudad de Tandil, específicamente a partir de un trabajo hecho con Caritas de dicha comunidad. La propuesta consiste en desarrollar una herramienta de asistencia profesional al proceso de toma de decisiones de la ONG ante el planteo de la necesidad de instalar un comedor para niños de hasta 12 años en situación de vulnerabilidad que les impide tener una buena alimentación.

La importancia de la alimentación en niños de hasta 12 años es una problemática fundamentada científicamente en forma amplia [1, 2]. Entre otros factores se puede mencionar que niños de hasta 12 años son el grupo de alta vulnerabilidad de la sociedad, ya que los mismos no pueden obtener alimentos por sus propios medios. Otro factor tenido en cuenta en la decisión es que la niñez es la etapa fundamental en el desarrollo físico e intelectual de las personas, siendo la alimentación de suma importancia para que esto sea posible.

Cabe aclarar que cuando los mismos cumplen doce años, son derivados a otro comedor dedicado a adolescentes, en el cual continúan con el plan de alimentación.

Además de la edad de los niños, hay características de espacio físico, recursos disponibles, capacidad de producción de almuerzos, entre otras. Un factor primordial que se tuvo en cuenta para determinar su situación es el cálculo del índice de masa corporal (IMC), el cual permite establecer una relación entre el peso y la talla del niño.

Conforme al análisis de las diversas restricciones, se estableció una capacidad máxima de 50 niños por almuerzo de cada día. En el caso que sea superado el límite de demanda con necesidad de asistencia se los anotará en una lista de espera o se le informará de algún otro comedor existente en zonas cercanas.

Para este análisis se utilizaron datos relevados a partir de encuestas realizadas por la ONG interesada a las personas del barrio, observando alguna carencia de respuestas en preguntas relevantes para este caso. Por este motivo se simulon datos que posibilitaran resolver el inconveniente. Este aspecto es desarrollado en el punto 2.

Considerando las cuestiones incluidas en las encuestas, en conjunto con el conocimiento coyuntural del barrio que posee la ONG y sus dirigentes, es que se realiza un planteo de análisis de situación. Este aspecto es desarrollado en el punto 3.

Además de cuestiones presentes y relevadas en las encuestas, resulta de utilidad establecer la durabilidad del comedor y sus servicios a través del tiempo.

Para poder tomar una decisión eficiente y que considere cómo variarán las necesidades a futuro, se utilizó Modelos Ocultos de Markov. Este aspecto es desarrollado en el punto 4.

El presente trabajo colabora en un proceso de decisión de gestión organizacional, considerando la situación presente coyuntural; y contemplando las necesidades futuras, asegurando la funcionalidad del comedor a través del tiempo.

2. SIMULACIÓN DE DATOS.

El acceso a datos reales relevados a través de las encuestas garantizó la posibilidad entender mayormente el contexto real. De todas formas, se detectaron algunas respuestas incompletas en datos importantes que se simulon.

Las probabilidades iniciales de pertenencia a los distintos grupos etarios: niños, adolescentes, adultos y ancianos, se calcularon a partir de los datos reales de las encuestas realizadas a la población beneficiaria, como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1 Caracterización de la población

Clasificación	Rango de edades	Proporción del total
Niños	1 a 12 años	0,2064
Adolescentes	12 a 17 años	0,2002
Adultos	18 a 69 años	0,5897
Ancianos	Mayor a 70 años	0,0037

2.1. Datos tenidos en cuenta para la simulación.

Debido a que la propuesta de estudio del proyecto se basa en realizar un comedor para niños, se evaluó la condición de cada niño para decidir la existencia o no de necesidad de asistir a un comedor.

Los factores incluidos en el análisis son: la situación alimenticia del niño a través del IMC (Índice de Masa Corporal), la condición económica de la familia y si el niño padece una enfermedad crónica o discapacidad. Por otra parte, se tiene en cuenta si el niño asiste a otro comedor, en tal caso tendría prioridad aquel niño que no tenga ese beneficio.

Los datos de la base que se tuvieron en cuenta para poder realizar el análisis fueron los siguientes: edad (fecha de nacimiento) para poder filtrar los menores de 12 años, estatura, peso, sexo, si el padre o madre se encuentra desocupado o no (en caso de uno con empleo se considera “desocupado: no”), si actualmente asiste a algún otro comedor y si posee alguna discapacidad o enfermedad crónica.

3. DESARROLLO SIN OPTIMIZACIÓN.

3.1 Ponderación

Una vez obtenidos todos los datos se hizo necesaria alguna forma para decidir si una persona es considerada apta para concurrir al comedor, con lo cual surgió la idea de realizar una ponderación de los factores según el grado de importancia para determinar si un niño debe o no debe ir al comedor. A continuación, se detalla la forma de cálculo de la ponderación:

Tabla 2 Ponderación por factor

	Padre desocupado	Asiste a comedor	Discapacidad o enfermedad	Nº niños en el grupo familiar	IMC Bajo
SI	30	-150	30	Nº*10	50
NO	0	10	0	Nº*10	0

Para calcular el valor correspondiente a la ponderación de un niño se suman todos los puntajes anteriores y se establece la condición de asistencia al comedor. Si la suma de los puntajes es mayor o igual a 80 se considera que la persona necesita ir a un comedor, de lo contrario no.

Para asegurarse de que un niño no concurra al comedor si está asistiendo a otro se resta 150 puntos. Este puntaje, aunque parezca elevado, es razonable debido a que, si un niño cumple que su padre es desocupado, tiene discapacidad o enfermedad, su IMC es bajo y su grupo familiar está compuesto de 8 niños, entonces estaría en condiciones de asistir al comedor; pero como ya asiste a uno, la idea es darle el lugar a otro que esté en similares condiciones pero que no tenga una comida diaria.

El puntaje dado en cuanto a si el padre está desocupado o si el niño tiene una discapacidad o enfermedad es menor al puntaje de IMC debido a que se prioriza a aquellos niños en los que sea evidente una mala alimentación.

En el puntaje dado a la cantidad de niños por grupo familiar, se multiplica esa cantidad (N) por 10 para tener en cuenta que en las familias que tienen muchos hijos resulta más difícil que todos ellos reciban una buena alimentación.

Se consideró 80 el puntaje límite debido a que un niño cuyos padres están desocupados y posee un IMC bajo debe concurrir a un comedor, como también un niño con un IMC bajo y cuyos padres tienen ocupación, pero son más de 3 niños en el grupo familiar. Además, se consideró que un niño cuya familia tenga 3 o más niños y tenga un IMC bajo también necesita una ayuda.

3.2 Cálculo del índice de masa corporal (IMC).

Uno de los datos más interesantes para la toma de la decisión asociada a este proyecto es la situación alimenticia en la que se encuentra cada uno de los niños, ya que el objetivo primordial es poder ayudar a aquellos que realmente necesiten la atención brindada por el comedor.

Como parámetro para calcular esta situación se utilizó el IMC, cuya fórmula universalmente reconocida es la siguiente Ecuación (1):

$$IMC = \frac{(Peso(Kg.))}{(Estatura(Mt.))^2} \quad (1)$$

Zurita et al (2010) interpretaron los resultados obtenidos con dicha fórmula para niños de diferentes edades y sexo, obteniendo como resultado el encuadre mostrado a continuación [3]:

Tabla 3 Distribución numérica del Índice de masa corporal en función del grado de obesidad para los distintos grupos de edad

Fuente de consulta: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322010000100003&script=sci_arttext

Edad (años)	Bajo peso		Nomopeso		Sobrepeso		Obesidad	
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
3	<13,0	<14,6	13,0-19,0	14,6-18,2	19,1-21,3	18,3-19,8	>21,3	>19,8
4	<13,4	<13,9	13,4-17,9	13,9-18,7	18,0-19,0	18,8-22,8	>19,0	>22,8
5	<14,5	<13,3	14,5-17,9	13,3-18,5	18,0-21,3	18,6-21,9	>21,3	>21,9
6	<14,4	<13,6	14,4-19,7	13,6-19,4	19,8-24,4	19,5-22,8	>24,4	>22,8
7	<13,7	<14,8	13,7-19,2	14,8-19,5	19,3-24,6	19,6-21,7	>24,6	>21,7
8	<14,1	<14,3	14,1-22,0	14,3-20,6	21,9-22,8	20,7-21,4	>22,8	>21,4
9	<15,1	<14,1	15,1-21,9	14,1-21,3	22,0-23,2	21,4-25,2	>23,2	>25,2
10	<14,8	<14,5	14,8-20,4	14,5-21,9	20,5-23,7	22,0-25,0	>23,7	>25,0
11	<15,4	<15,1	15,4-22,7	15,1-21,8	22,8-23,7	21,9-24,6	>23,7	>24,6
12	<16,3	<15,5	16,3-26,2	15,5-22,1	26,3-28,0	22,2-24,7	>28,0	>24,7
13	<16,4	<16,6	16,4-24,8	16,6-23,5	24,9-27,2	23,6-26,9	>27,2	>26,9
14	<16,8	<17,2	16,8-28,1	17,2-23,8	28,2-30,4	23,9-27,4	>30,4	>27,4
15	<16,7	<18,3	16,7-26,0	18,3-22,3	26,1-30,4	22,4-25,3	>30,4	>25,3
16	<17,7	<17,7	17,7-26,8	17,7-23,9	26,9-31,1	24,0-27,8	>31,1	>27,8
17	<18,1	<18,2	18,1-25,6	18,2-24,6	25,7-28,3	24,7-28,9	>28,3	>28,9
>18	<18,1	<18,0	18,1-25,1	18,0-25,7	25,2-30,1	25,8-28,3	>30,1	>28,3

3.3 Resultados.

La tabla siguiente, muestra los datos obtenidos y filtrados de acuerdo a los criterios detallados anteriormente:

Tabla 4 Datos obtenidos por criterio

# Niño	IMC	Tipo IMC	Ponderación	Estado (*)
1	13,64	bajo	80	1
2	18,06	normal	20	0
3	11,62	bajo	110	1
4	13,23	bajo	90	1
5	18,81	normal	80	1
6	18,36	normal	50	0
7	14,12	bajo	110	1
8	18,66	normal	30	0
9	14,54	bajo	90	1
10	17,31	normal	70	0
11	12,24	bajo	110	1
12	13,58	bajo	110	1
13	18,11	normal	50	0
14	16,71	normal	70	0
15	18,44	normal	30	0
16	14,49	bajo	110	1
17	12,02	bajo	100	1
18	13,89	bajo	80	1
19	19,12	normal	70	0
20	13,30	bajo	80	1
21	17,78	normal	40	0
22	14,81	bajo	120	1

(*) El valor uno (1) indica que el niño se encuentra en condiciones de asistir al comedor, mientras que el valor cero (0) indica lo contrario.

Tabla 5 Resultados

Tipo Persona	Cantidad	Cantidad en estado de comedor	Probabilidad
Niño	22	13	0,5909090909

Como se puede ver en la tabla anterior, siguiendo la ponderación propuesta, la solución sin la utilización de ningún método de optimización da como resultado que aproximadamente un 59%, 13 de 22 niños están en situación de asistir a un comedor.

Considerando que más del 50% de los niños del barrio incluidos en el análisis están en esta situación, la decisión sería instalar el comedor, ya que se consideraría una necesidad relevante.

Por otra parte, se consideró una estimación aproximada de 168 niños de hasta 12 años en el barrio o zona de influencia del posible comedor y, en la situación actual de la población encuestada; el 59% de los niños corresponden aproximadamente a 99 niños, con lo cual la capacidad del comedor estaría superada. A futuro, teniendo los recursos necesarios, se podría ampliar el cupo de niños.

4. Desarrollos optimizado. Uso de Markov.

En la solución propuesta anteriormente, la decisión está basada en el presente de la población y su necesidad actual. Para poder tomar una decisión más eficiente y que tenga en cuenta cómo variará la necesidad de este comedor a futuro, se utilizarán los Modelos Ocultos de Markov, que se detallan a continuación.

4.1 Modelos Ocultos de Markov.

4.1.1. Introducción.

“Los Modelos Ocultos de Markov (MOM) son autómatas abstractos de estados finitos que permiten modelar procesos estocásticos, donde la ocurrencia de los estados está asociada con una distribución de probabilidad y donde las transiciones entre los estados están gobernadas por un conjunto de probabilidades llamadas probabilidades de transición de estados. En un estado particular, una observación se genera también de acuerdo a una distribución de probabilidad. Los estados no son visibles en general y su ocurrencia depende del estado en el instante anterior” [4].

Los modelos ocultos de Markov resultan útiles para modelar procesos que se desarrollan a través de diferentes periodos o regímenes de comportamiento. Están diseñados para capturar la dinámica de la serie, reconociendo por un lado un conjunto finito de estados discretos por los que se desarrolla el proceso, y por otro identificando las probabilidades de que el sistema evolucione de un estado a otro. Son muy útiles para el reconocimiento de patrones, y en particular son sustancialmente efectivos para modelar el comportamiento del hombre o procesos en los que existe la intervención del hombre.

4.1.2. Procesos de Markov.

Un proceso de Markov es un tipo especial de procesos estocástico (sucesión de variables aleatorias) en donde se verifica la “propiedad de Markov”, que puede enunciarse como “la probabilidad de que ocurra un evento, conociendo los estados de muchos momentos previos, es la misma que conociendo solamente el último estado dado”. Esta condición es también conocida como “principio de Markov” en el cual “el futuro es independiente del pasado para un presente conocido”.

4.1.3. Modelos ocultos de Markov.

Un modelo oculto de Markov es un conjunto finito de estados. Las transiciones entre estados están dadas por un conjunto de probabilidades de transición. En cualquier estado particular, la observación puede ser generada, de acuerdo a la distribución de probabilidades de emisión. Solo el resultado observable, no el estado, es visible a un observador externo por lo que los estados están “ocultos”. De conocer el camino de estados que recorrió el modelo, los estados no están ocultos.

4.2 Grafo inicial de probabilidades.

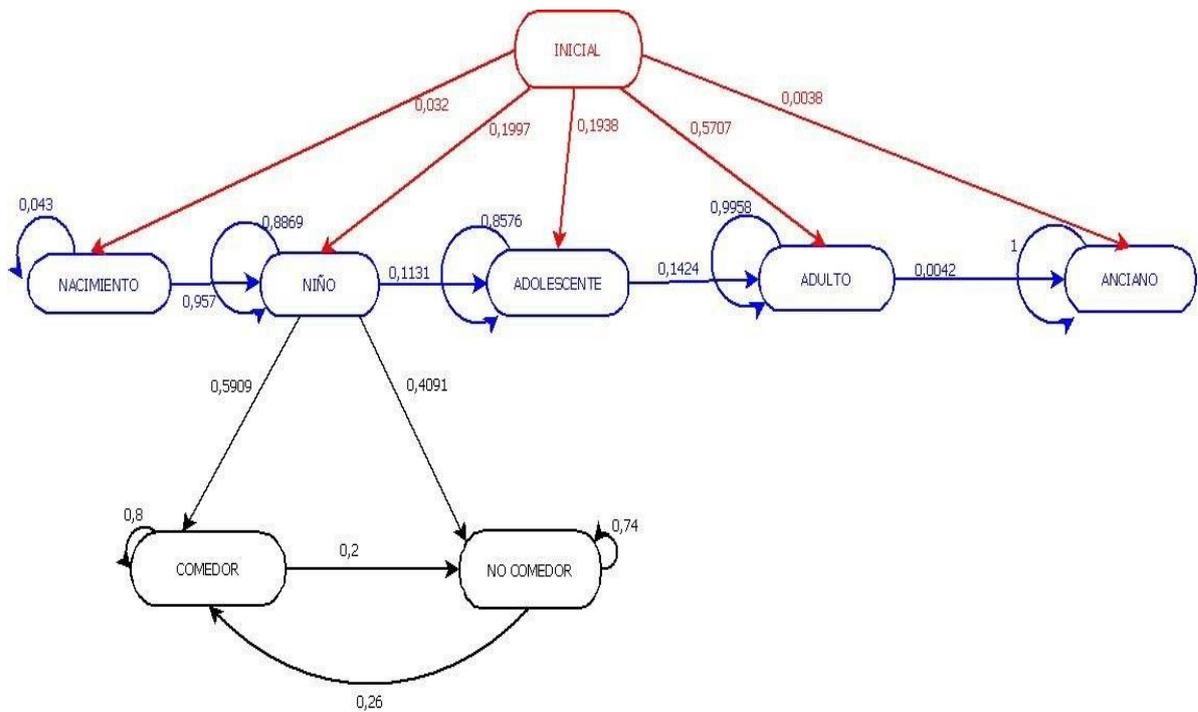


Figura 1 Grafo inicial de probabilidades.

4.2.1. Obtención de las probabilidades del grafo.

Para obtener las probabilidades de transición de estados del grafo anterior se tuvieron en cuenta los siguientes datos y decisiones:

- Probabilidad de nacimiento: Para obtener la misma se consideraron mujeres en edad activa (entre 16 y 40 años) de la población definida. Se utilizaron datos reales de tasa de natalidad en poblaciones vulnerables para determinar los posibles nacimientos en el grupo definido.
- Probabilidades iniciales: se utilizó la definición clásica de probabilidades para el cálculo de las mismas, se puede apreciar el resumen en la Tabla 6.

Tabla 6 Probabilidades iniciales

Clasificación	Rango de edades	Probabilidad
Posibles Nacidos	Menores a un año	0,032
Niños	1 a 12 años	0,1997
Adolescentes	12 a 17 años	0,1938
Adultos	18 a 69 años	0,5707
Ancianos	Mayores a 70 años	0,0038
Total		1

- Probabilidades de transición entre clasificaciones: Para calcular las probabilidades de transición en el estado de Nacimiento, se tuvo en cuenta que la mortalidad infantil (<1 año) es de 13/1000, y que la probabilidad de una posible reubicación geográfica y otras eventualidades de que un nacido deje de ser parte de la población encuestada es de 0,03, según el criterio establecido por el grupo. Este último valor es bajo debido a que es poco frecuente que una persona de bajos recursos se mude. Estas situaciones se reflejan en el bucle del grafo sobre el estado Nacimiento, ya que para el análisis del modelo es como si siempre estuvieran en estado de nacimiento, nunca llegan al estado de niño que es el que interesa en este modelo. Dicha probabilidad tiene el valor de 0,043. Los restantes nacimientos, al cumplir un año, pasan al estado de Niño. Las

restantes probabilidad de transición entre categorías se calcularon de manera análoga, considerando la cantidad de individuos que cumplen la edad límite de la categoría sobre la cantidad total de individuos de esa categoría.

- Probabilidades de transición entre Niño y estados observables: Las probabilidades de que un niño asista a un comedor o no en el presente se calcularon de acuerdo a los resultados del análisis sin optimización.

- Probabilidades de transición entre estados observables: La probabilidad eventual de que un niño pase de estado de comedor a estado de no comedor; considerando que un niño cuyo padre estaba desocupado consigue empleo; que la familia del niño se muda a otra zona geográfica; que el IMC del niño alcance valores normales y que eventualmente el niño fallezca, es aproximadamente 0,20. La probabilidad eventual de que un niño pase de estado de no comedor a estado de comedor: considerando que un niño cuyo padre tiene trabajo quede desocupado; que en la familia del niño haya nuevos integrantes; que al niño se le diagnostique una enfermedad o discapacidad, es aproximadamente 0,26.

- Las probabilidades anteriores se obtuvieron de acuerdo al método del juicio de experto, teniendo en cuenta el criterio del grupo de trabajo de la Organización.

4.3 Grafo utilizado para el análisis.

Para poder realizar Markov, el grafo utilizado en un principio se modificó ya que se eliminaron los estados Adulto y Anciano, porque no influyen en la solución del problema. Lo que interesa son los nacimientos, por un lado, debido a que en un año pueden pasar al estado de niños, y por otro lado los niños que se mantienen en esa etapa hasta que pasan los 12 años. Así como también interesan aquellos niños que dejan de serlo y pasan a ser adolescentes.

Debido a esto, las probabilidades iniciales variaron, ya que se adaptaron proporcionalmente para cumplir el principio de Markov en el cual la sumatoria de las probabilidades iniciales es 1. Por otro lado, se eliminó la transición desde el estado inicial hacia el estado Adolescente debido a que no es de interés saber la proporción de adolescentes que hay en la población estudiada al inicio de la simulación.

Cabe aclarar que el bucle con probabilidad 1 que se ve en el estado adolescente refleja que el cambio de edad luego de que el niño pasa a adolescente no es de interés en el análisis.

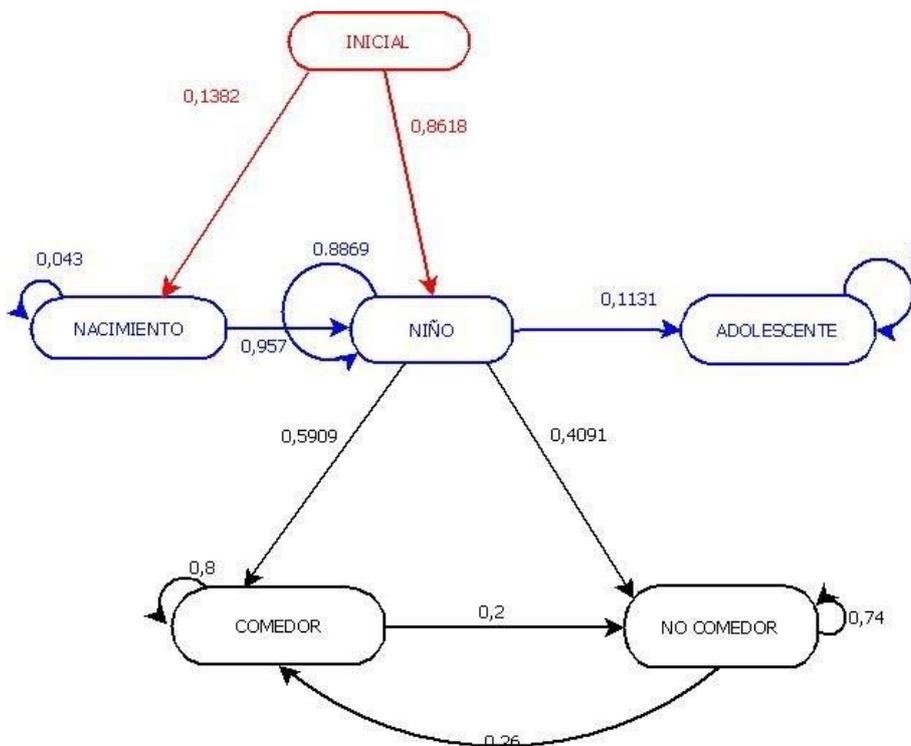


Figura 2 Grafo utilizado para el análisis.

4.4 Elección de software de simulación.

Si bien se podía realizar la implementación de un software analizador y simulador de modelos de Markov se optó por buscar alguno ya realizado debido a que funcionaria de forma correcta, el mismo debía ser sencillo y de libre uso.

Luego de una búsqueda y análisis de varios softwares, se trabajó con uno realizado por la Universidad de Edimburgo y escrito por Phil Hooker que cumplía con todos los requerimientos (<https://homepages.inf.ed.ac.uk/jeh/Markov/>).

4.4.1 Simulación y resultado.

Se necesitaron aproximadamente 11 pasos hasta llegar al estado “estacionario” donde las probabilidades se estabilizan en el tiempo. A continuación, se pueden visualizar algunas de las capturas tomadas en los distintos pasos de la simulación hasta llegar al estado estacionario donde las probabilidades no cambian.

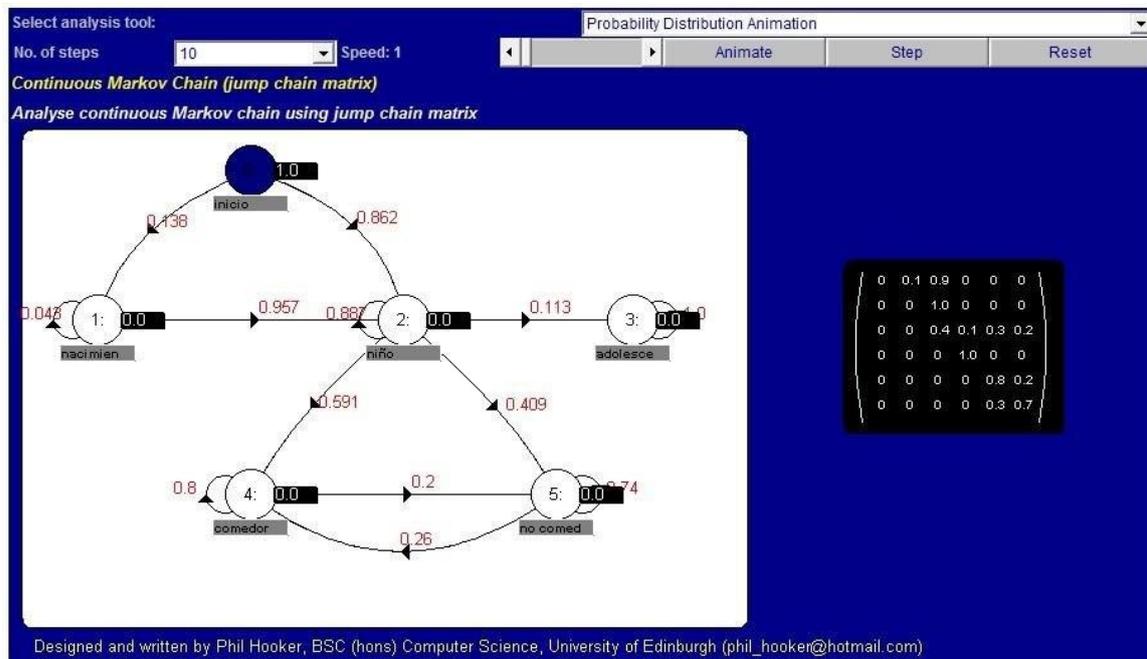


Figura 3 Estado inicial de la simulación.

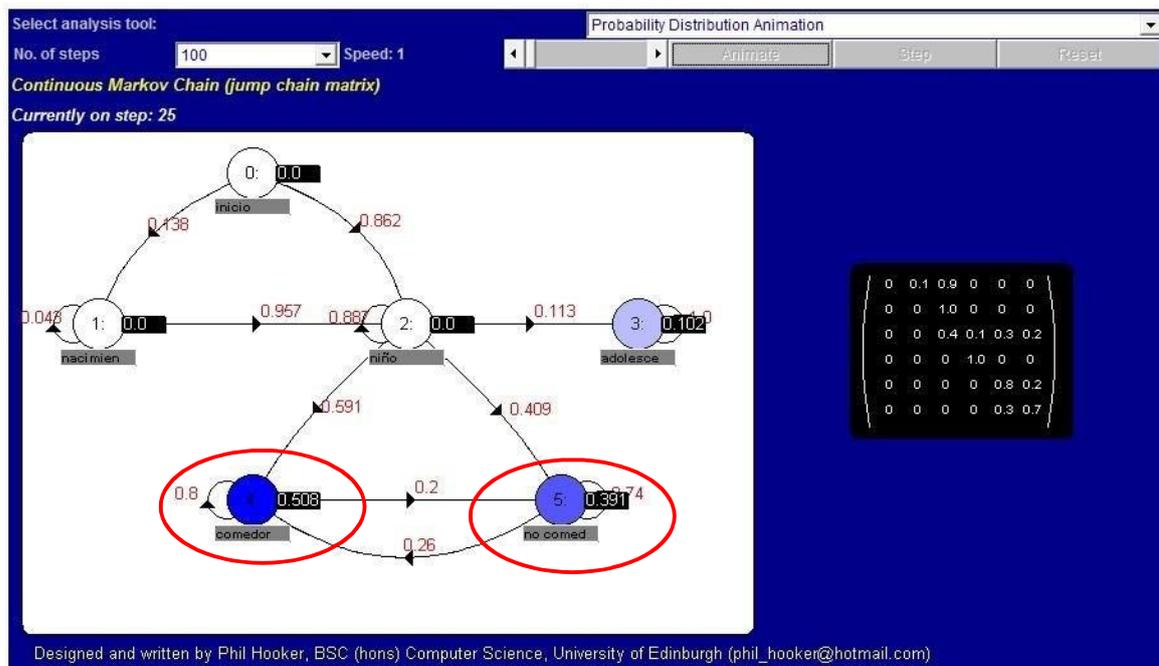


Figura 4 Estado final de la simulación.

Como se puede apreciar en esta última captura de estado, la solución optimizada utilizando la herramienta de Markov da como resultado que la probabilidad de que a futuro un niño se encuentre en un estado de comedor es aproximadamente de 0,508.

Considerando que más del 50% de los niños del barrio se encontrarían en esta situación, la decisión sería instalar el comedor, ya que se considera una necesidad importante tanto en el presente como en el futuro de esta población.

5. CONCLUSIONES.

El interés por atender una problemática social y en un grupo de riesgo como son los niños resultó un aspecto motivador fundamental entre los alumnos que trabajaron en el proyecto. Este tipo de prácticas acentúa la posibilidad de trabajar en problemáticas sociales reales y estimula la participación de los alumnos de carreras duras en la resolución de problemáticas donde su abordaje tiene una connotación sumamente compleja.

Surgió la necesidad de realizar simulación de datos pero que, a la vez, respetaran los resultados obtenidos a partir de la realidad observada. Para ello, se investigaron experiencias y datos de la problemática tales como el nivel de desnutrición en los niños, la situación económica y la composición de la familia, así como también las posibles situaciones de enfermedades o discapacidades. Siendo los anteriores datos consultados en las encuestas y simulados a partir de datos obtenidos de la realidad.

Sin duda alguna, uno de los puntos sustanciales que tiene la problemática de desnutrición en niños es la certeza en datos críticos como son la edad, el sexo, la talla y el peso. Para garantizar un correcto análisis, en los casos que fue necesario; se simularon estos datos teniendo en cuenta datos reales de niños en las distintas edades.

Luego de realizar la comparación entre los resultados obtenidos por los distintos métodos que se presentaron para resolver el mismo problema, siguiendo una ponderación sin utilizar ninguna herramienta de optimización y utilizando los Modelos Ocultos de Markov como una forma de analizar el futuro como parte de la solución actual, se concluye que, si bien la decisión a tomar es la misma en ambos métodos la solución por Markov es más aproximada, debido a que considera el factor del tiempo para calcular la probabilidad tanto presente como futura de la necesidad de la instalación del comedor.

No deja de ser preocupante que el 50% de los niños de esta población estén en “estado comedor”, con lo cual es necesario implementar junto con el comedor otros programas que ayuden en la problemática de la nutrición infantil.

6. REFERENCIAS.

[1] Garófalo Gómez N., Gómez García A., Vargas Díaz J., Novoa López L. (2009): “Repercusión de la nutrición en el neurodesarrollo y la salud neuropsiquiátrica de niños y adolescentes”. *Revista Cubana Pediatría Vol. 81 no.2 Ciudad de la Habana. Versión On-line ISSN 1561-3119*

[2] Di Iorio S., Urrutia M., Rodrigo M. (2000): “Desarrollo psicológico, nutrición y pobreza (Argentina)”. *Revista Chilena de Pediatría Vol 71 no 3. Santiago.*

Sistema de Gestión Integral, primeros pasos para la toma de decisiones

Bárbaro, Laura; Avetta, Tomás; Cabo, Natalia; Salguero M. Guadalupe

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
lbarbaro@frsn.utn.edu.ar; tavetta@frsn.utn.edu.ar; ncabo@frsn.utn.edu.ar;
msalguero@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Un tablero de comando (TC) como herramienta de un sistema de gestión, es un instrumento básico para el Ingeniero Industrial. Desde la dirección del departamento Ingeniería Industrial de la FRSN-UTN se presenta esta propuesta con la finalidad de incluirla en el Sistema de Gestión Integrada del departamento junto con otros indicadores de interés para la toma de decisiones. Esta iniciativa resulta especialmente motivadora si tenemos en cuenta la juventud de la carrera en la FRSN, que al presente cumple 20 años.

En esta etapa inicial la tarea se orientó al diseño de un TC, para analizar la performance de los estudiantes, construyendo indicadores sencillos a partir de los datos disponibles en el Sistema Académico. El objetivo es establecer un rápido conocimiento y reconocimiento acerca de la situación actual de los mismos, visualizar los puntos críticos para poder actuar en consecuencia, involucrando en el análisis de los resultados al sistema de Tutorías. Es decir, permitirá contar con un sistema informatizado de registro de datos e indicadores precisos relativos al desempeño de los estudiantes y orientar los esfuerzos para detectar variaciones en el rendimiento académico, evitar deserción temprana, desgranamiento e incluso recuperar estudiantes avanzados crónicos para incentivarlos a culminar sus estudios.

La experiencia recolectada fortalecerá la toma de decisiones y favorecerá, en el corto plazo, poder replicarlas en las restantes especialidades de nuestra Unidad Académica.

Palabras Claves: Tablero de comando, Sistema de Gestión, Análisis, Indicadores, Decisiones.

ABSTRACT

Balanced Scorecard (BSC) used as a tool of management system is a common resource for an industrial engineer. The direction of the Industrial Engineering Department of the FRSN-UTN submit this project in order to include it in the Integrated Management System of the department along with other indicators of interest for decision making. This is an exciting initiative when taking the youth of the career in consideration at the FRSN, which is 20 years old at the moment.

In this first stage the task was oriented to the design of a BSC, to analyze the performance of the students, developing simple indicators from the data available in the Academic System. The aim is to establish practical knowledge and recognition about the current situation of them, visualize the critical points to be able to act accordingly, involving in the analysis of the results the Tutoring system. In other words, it will make it possible to have a computerized system for recording data and precise indicators concerning the student performance. This will guide efforts to detect variations in academic performance, prevent early dropout, attrition and even recover chronic advanced students in order to encourage them to finish their studies.

The experience gained will strengthen decision-making and will favor, in the short term, the ability to replicate them in the remaining specialties of our Academic Units.

Keywords: Balanced Scorecard (BSC), Management System, Analysis, Indicators, Decisions.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Facultad Regional San Nicolás (FRSN) tiene como uno de los objetivos propuestos: la implementación de un sistema de gestión de la información con indicadores de calidad y eficiencia para aportar en la toma de decisiones. Con ello, se espera acompañar el fortalecimiento de acciones a seguir que posibiliten mejorar los índices, como aporte al mejoramiento de la calidad de la institución, pero especialmente de la educación.

La utilización de los indicadores permite conocer la situación del sistema, y en particular la de los distintos subsistemas que lo integran, en este caso el Departamento de Ingeniería Industrial, tiene como objetivo el monitoreo permanente de los mismos, para mantener los niveles de competitividad de la organización en su contexto interno y externo. Para tal fin deben evaluarse frecuentemente los indicadores del sistema de información, en pos de determinar las oportunidades de mejora, las cuales transitan constantemente el ciclo de mejora continua de planificar, hacer, verificar y actuar (Ciclo de Deming).

Un tablero de comando (TC) como herramienta de un sistema de gestión, es un instrumento básico del Ingeniero Industrial. Los indicadores iniciales que surgen de la aplicación del TC que se visualizan en el presente informe, se utilizarán para comenzar a analizar la gestión de la Unidad Académica (UA).

Como consecuencia de lo anteriormente dicho, se realizó una prueba piloto en el Departamento Ingeniería Industrial, sobre el desempeño académico de los estudiantes, teniendo como base los datos del Sistema Académico (Sysacad), para la obtención de información que permita realizar un diagnóstico, análisis y posterior toma de decisiones, con el objetivo de consolidar las fortalezas y corregir las debilidades.

Por último, para poder presentarlo de una manera más concreta y representativa, se trasladaron los datos obtenidos del Sysacad al programa PowerBI® que nos devuelve desde su interfaz gráfica, screens amigables para analizar los resultados obtenidos y gestionar en consecuencia.

1.1 FODA del Departamento de Ingeniería Industrial

En primera instancia, en el Departamento Ingeniería Industrial se realizó una matriz FODA. Ésta representa una herramienta que permite sintetizar un análisis diagnóstico de un proyecto determinado utilizando las siguientes categorías: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, cuyas siglas dan nombre a la herramienta.

A continuación (Tabla 1), se observa el análisis realizado:

Tabla 8 FODA del Departamento de Ingeniería Industrial.

<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plantel docente con un nivel formativo en progresivo aumento. • Buena estructura organizativa con roles y responsabilidades definidos. • Recambio generacional del plantel docente. • Mayor matrícula de estudiantes con respecto a las diferentes especialidades de la Unidad Académica. • Buena comunicación con los alumnos. • Suficiencia y diversidad en los Grupos de Investigación (Gestión, Optimización, Innovación/Calidad y Ambiental). • Creación de identidad departamental. 	<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espacio de crecimiento • Búsqueda continua de servicios para fomentar la vinculación académica de los estudiantes con el ámbito laboral. (PPS – Beca Rentada) • Comunicación y participación cooperativa con la misma especialidad de otras Unidades Académicas. • Benchmarking con otras Unidades Académicas, Universidades Nacionales y Latinoamericanas. • Demanda de Graduados en la Región por la versatilidad de las competencias desarrolladas en la Carrera.
<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de Indicadores de gestión • Monitoreo de desempeño de estudiantes (Requerimiento CONEAU por Desgranamiento) • Escaso seguimiento de alumnos en tiempo y forma. • Insuficiente cantidad de Tutores con relación al caudal de alumnos. • Escaso mecanismo de difusión y comunicación interna de Actividades Académicas dentro del Departamento. • Falta de formación docente específica. Posgrados/Maestrías de las materias donde dictan (Requerimiento CONEAU) 	<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios de la Política de Gestión. • Modificación de las Reglamentaciones Institucionales. • Creación de nuevas carreras afines en la zona. • Educación a distancia.

Analizando los resultados reflejados en la matriz, y debido a uno de los requerimientos de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), se comenzó con el eje de las debilidades que se consideraron prioritarias. En función del orden de prioridades de las mismas, se propone una serie de Indicadores estratégicos que permitan “tomar una fotografía” de la situación académica actual, en particular la de los estudiantes.

2. ANTECEDENTES

2.1 De los datos hacia la información

El empleo de un solo indicador es insuficiente en cualquier tipo de análisis; sobre todo cuando se trata de procesos tan complejos como la educación. Los indicadores no son cifras aisladas unas de otras, sino que se encuentran relacionadas con otros indicadores.

Para que su lectura y análisis sea comprensivo, deben agruparse y constituir un sistema de indicadores. Pero éstos no son sólo un conjunto de datos: brindan información sobre un componente de un sistema y, además, deben mostrar cómo esos componentes individuales se relacionan entre sí para producir determinado efecto.

A raíz de lo antes mencionado, y de la necesidad de poder contar con información para realizar el seguimiento académico del Departamento Ingeniería Industrial, se comenzó la construcción de un TC prototipo cuyos ejes principales son:



Figura 2 Tablero de Comando

Conceptualmente, el diseño de un sistema de indicadores educativos (el TC) es similar al que se desarrolla en cualquier otro sector: deben permitir monitorear la evolución de una situación, realizar comparaciones, etc. Debe proveer información, permitir el análisis de tendencias y proyectar situaciones futuras mediante semáforos que nos alerten posibles desvíos.

La propuesta del Departamento Ingeniería Industrial es luego de haber delineado los ejes que conforman el tablero en su totalidad (Figura 1), desarrollar cada uno de los mismos. Para tal fin y según las prioridades de las debilidades detectadas en el análisis FODA, se comenzó con la elaboración de los indicadores del eje estudiantil.

En tal sentido, los indicadores académicos constituyen las herramientas para determinar las eventuales fluctuaciones del rendimiento de los estudiantes. Según Morduchowicz,

“Los indicadores deben proveer información en contexto, permitir el análisis de tendencias y proyectar situaciones futuras. En tal sentido, los indicadores educativos tienen que transmitir algo sobre un sistema informando algunos de sus aspectos. Por ejemplo, el número de estudiantes de determinado nivel educativo o de todo el sistema es algo muy importante pero no nos dice mucho sobre cómo funciona el sistema educativo. Sin embargo, los estudiantes que completan sus estudios o que tienen éxito en pruebas de aprendizaje, sí.” [1]

3. METODOLOGIA

Como primer insumo de datos se utilizó el Sistema académico de la Facultad, Sysacad (Figura 2), donde se cargan y gestionan datos personales y académicos de todos los alumnos de la institución. En él, quedan todos los registros desde que el “postulante” se inscribe por primera vez a cursar el Seminario Introductorio de Nivelación (SIN), luego cuando avanza hacia la denominación de “estudiante”, el cual pertenece a una carrera en donde se registran el cursado y los exámenes hasta la figura de “graduado”, que es cuando culmina su carrera y solicita el título obtenido.

La información son datos organizados y para tal fin, se vincularon las tablas extraídas del Sysacad a PowerBI® (Figura 3) con el fin de analizarlas y construir los indicadores que se proyectaron. PowerBI® es un servicio de análisis de datos de Microsoft orientado a proporcionar

visualizaciones interactivas y capacidades de inteligencia empresarial con una interfaz simple. Con ella se pueden vincular distintas bases de datos para crear tablas y gráficos interactivos.

Siendo más específicos en la definición de las herramientas que se utilizaron para la construcción de los indicadores, se tiene como insumo de datos a Sysacad y como procesamiento de ellos al PowerBI®. Esta sinergia entre ambos programas permitió dar el primer paso hacia la construcción del TC.

Legajo	Apellido y Nombres	T.Doc.	Documento	Sexo	Esp.	Abrev.	Plan	Ingr.	Ingreso
10854	Molla, Brian David	DNI	37677714	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Otra Esc
13995	Acosta, Nestor Daniel	DNI	35070366	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
13997	Brucellaria, Milagros Belén	DNI	42323264	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14006	Godoy, Luana Beatriz	DNI	38293523	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14009	Fernandez, Sara	DNI	34878106	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14011	Farias, Enzo	DNI	41312156	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14013	Di Paolo, Leandro Ariel	DNI	40057639	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14015	Chaparro, Sofia Jesús	DNI	39285427	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14019	Bonis, Ivan Gabriel	DNI	41359683	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14021	Begino, Delfina	DNI	42676361	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14027	Aquino, Brenda Mariel	DNI	41567991	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14029	Altube, Eugenio	DNI	40670795	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14037	Cantereros, Ivana Belen	DNI	40189055	Femenino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo
14038	Acosta, Marcelo Nicolás	DNI	40981500	Masculino	24	Ing. Industrial	2007	2018	Directo

Figura 3 Ejemplo de extracto del Sistema Académico de alumnos (Sysacad)



Figura 4 Ejemplo de interfaz visual en PowerBI®.

Para abordar el análisis de la información obtenida a partir de los datos aportados por el Sysacad, se decidió tomar como caso testigo a la cohorte 2018, esto es, aquellos estudiantes que iniciaron su carrera Universitaria en el mencionado ciclo lectivo. A su vez, para una lectura más ordenada, se analizó desde que realizan el SIN, hacen efectivo su ingreso, hasta cómo evolucionan a lo largo de la carrera. Luego para el caso de graduados, se analizó en general, desde el nacimiento de la Carrera en la Facultad (2001-2021).

4. DESARROLLO

4.1 Indicador – Relación Postulantes-Ingresantes

En primera instancia se decidió analizar cuál es la cantidad de Postulantes e Ingresantes por año de ingreso desde el inicio de la Carrera, cabe mencionar que Ingeniería Industrial nace en la Regional San Nicolás en el año 2001, cumpliendo actualmente 20 años y siendo la especialidad más joven de toda la oferta de Ingeniería de la UA.

En este apartado, resulta importante aclarar que el número de postulantes se comenzó a registrar en el sistema a partir del año 2016, por ello se ve reflejado que el número de postulantes e ingresantes es el mismo hasta el año 2015.

Tabla 9 Resumen de Cantidad Postulantes e Ingresantes por Cohorte.

Cohorte	Ingresantes	Postulantes
2001	186	186
2002	136	136
2003	103	103
2004	80	80
2005	72	72
2006	83	83
2007	59	59
2008	75	75
2009	82	82
2010	61	61
2011	55	55
2012	53	53
2013	63	63
2014	50	50
2015	83	83
2016	63	109
2017	60	101
2018	55	114
2019	61	118
2020	66	136
2021	56	121
Total	1602	1940

Con esta tabla se pudo determinar que en promedio un 52% de los postulantes para la carrera de Ingeniería Industrial finalizan el Seminario Introductorio de Nivelación (SIN) momento en el cual pasan a ser "Ingresantes". Sin embargo, muchos son los factores que influyen en que el 48% restante no finalice dicho proceso.

Algunas de las causas por las que no hacen efectivo el ingreso son: alumnos con título de Técnico de las escuelas de nivel medio desisten de ingresar al verse tentados por la oferta laboral; otros se dan cuenta al comenzar el SIN que Ingeniería no es realmente lo que creían o querían para su futuro; otros se ven obligados o bien optan por trabajar luego de recibir el título secundario, pero lo más llamativo es que en general encuentran una gran dificultad en los contenidos desarrollados en el SIN, ya que presentan serias dificultades para resolver problemas matemáticos y aún más físicos, entre otras.

De este indicador, resulta imprescindible la necesidad de optimizar la articulación entre el nivel medio y las Universidades. En concordancia con un artículo publicado por INFOBAE en 2018 que expresa "La principal dificultad radica en la articulación entre la secundaria y la universidad, así quedó plasmado en las pruebas Aprender 2016". [2]

Además, considerando que es una carrera de ciencias exactas, resultó interesante observar cual es el porcentaje de alumnos de escuelas técnicas y no técnicas en cada año de ingreso.

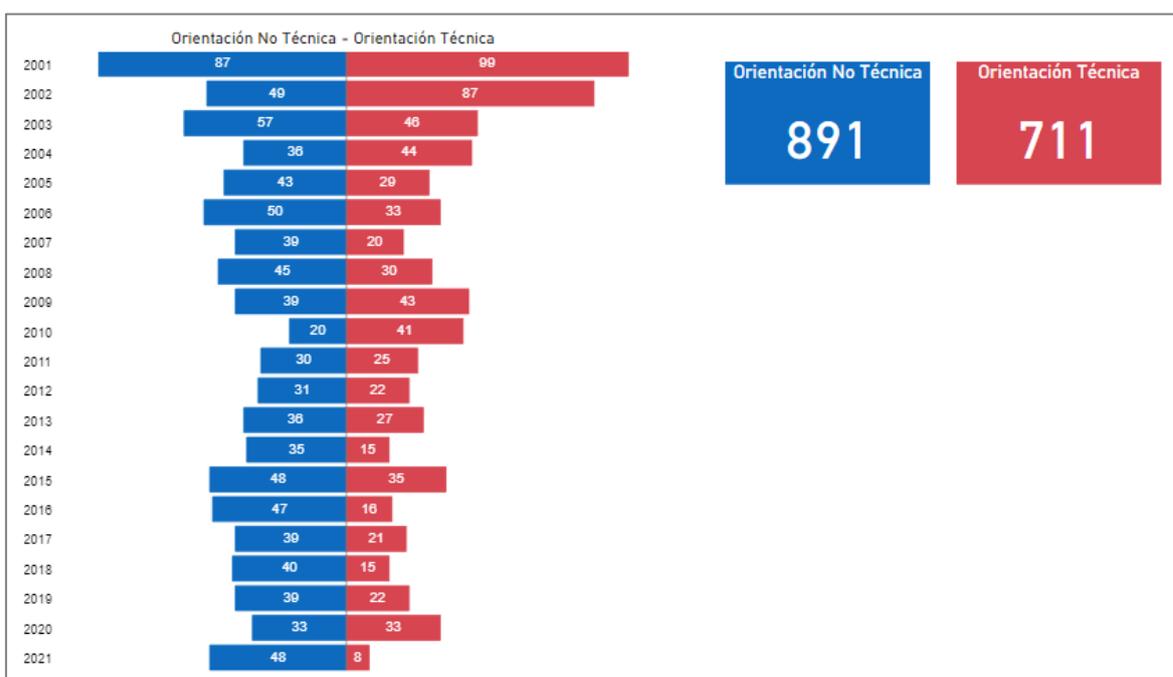


Figura 5 Recuento de estudiantes con orientación Técnica y No Técnica por cohorte

Según muestra la Figura 3, en general no hay diferencia en el total de alumnos técnicos/ no técnicos, pero si se observa que, a partir del año 2011, cuando la tendencia era recibir más ingresantes provenientes de Escuelas Técnicas, se ha revertido.

Luego, y en virtud de seguir analizando la trayectoria de los estudiantes se elaboró una matriz (Tabla 3) para analizar cómo es el avance de estos a lo largo de su carrera universitaria. Al confeccionar dicha matriz, se visualizó que en algunas ocasiones el total de alumnos ingresantes no coincidía con el número total de alumnos inscriptos en la cohorte correspondiente. Esta inconsistencia derivó en una primera dificultad a la hora de analizar la información donde se llegó a la conclusión que esa diferencia numérica se encontraba en los distintos tipos de ingresos de los estudiantes a la Carrera.

Algunos de los tipos de ingresos son: ingreso directo, pase de otra universidad, pase entre facultades regionales, cambios de especialidades dentro de la misma facultad. En parte, estos estudiantes se ven reflejados en los números aislados que se muestran en la próxima figura.

Tabla 10 Evolución de Alumnos por Cohorte y año de cursado Plan 2007

Evolución Alumnos por Cohorte y Año de cursado																						
Cohorte	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
2001	4	4	5	2	4	3	3	3	3	2	5	2	3	5	3	2	3	3	3	3	2	8
2002		9	9	9	6	5	4	4	5	4	6	4	5	4	3	2	4	5	4	4	5	10
2003			14	14	13	13	12	13	14	11	11	10	7	7	5	6	4	6	6	5	5	15
2004				19	16	17	15	16	14	13	12	12	10	7	9	8	8	6	5	6	5	20
2005		1	2		68	42	30	26	27	19	15	14	13	11	9	8	8	6	7	6	4	71
2006		2	1		1	70	57	45	37	36	28	21	20	16	8	7	8	6	4	3	5	80
2007		1		1			54	40	32	20	18	21	14	16	12	9	6	4	5	6	8	56
2008			1			1		66	58	39	36	37	25	23	15	17	12	10	10	7	7	72
2009									76	53	33	31	31	29	28	23	23	13	9	9	10	79
2010						1				57	50	29	24	25	22	22	16	12	11	12	9	60
2011						1	1	1	1		50	39	40	34	33	31	25	20	15	13	11	54
2012										1	1	49	37	29	24	24	18	14	12	6	8	52
2013										1	1	1	58	43	34	33	30	24	20	19	14	62
2014											1			47	32	28	26	23	18	20	19	49
2015										1			1		75	60	57	54	51	43	35	83
2016										1						58	43	41	34	29	24	62
2017																	59	39	32	25	21	60
2018																		54	34	31	30	55
2019																			59	48	39	60
2020																				63	41	64
2021																					58	58
	4	17	32	45	108	153	176	214	267	258	267	270	288	296	312	338	350	340	339	358	360	1130

Haciendo foco en la cohorte 2018 en las tablas 2-4, se puede ver en detalle que en la tabla 2 existen 55 ingresantes, sin embargo, en la Evolución de los alumnos por Cohorte (Tabla 3) hay 54 ingresantes. Esto sucede ya que un alumno se cambió de especialidad.

A lo largo de la carrera existen diferencias en la cantidad de alumnos ingresantes con los inscriptos por año, ya sea por su ingreso o Plan al que fue inscripto. No obstante, estas diferencias son mínimas y no mueven la aguja a la hora de tomar decisiones, pero es importante analizarlas para asegurar la consistencia de los datos obtenidos del Sysacad.

Tabla 11 Comparación en la Cohorte 2018

2014	50	50	47	32	28	26	23	18	20	19	49
2015	83	83		75	60	57	54	51	43	35	83
2016	63	109			58	43	41	34	29	24	62
2017	60	101				59	39	32	25	21	60
2018	55	114					54	34	31	30	55
2019	61	118						59	48	39	60
2020	66	136							63	41	64
2021	56	121								58	58

Analizando más en detalle la Tabla 3 y 4, se observa cómo evoluciona la inscripción en cada cohorte a lo largo de los años. Allí se visualiza claramente una caída más pronunciada de estudiantes que pasan del primer al segundo año de la carrera. En la cohorte 2018, el primer año ingresan 54 estudiantes, de ellos 34 alcanzan el segundo año (63%), y ya en los años sucesivos prácticamente no se evidencia una caída pronunciada en la matrícula. En estos casos se podría establecer en el TC, un semáforo que nos alerte ante caídas aún más pronunciadas, por ejemplo, cuando la aprobación de un año a otro no supera el límite establecido de los inscriptos y así poder derivar el caso a quien corresponda (Tutorías o equipo de cátedra) para su tratamiento.

Este análisis es el reflejo de lo que sucede en general en las carreras de Ingeniería según el Decano de la Facultad de Ingeniería de la UBA Horacio Salgado (INFOBAE, 2018) "Entre el primer

y segundo año de la carrera se produce una fuerte caída. En parte lo adjudicamos a los problemas que traen de la secundaria” [2].

La apuesta es poder contribuir a lograr “Un ingeniero cada 4 mil habitantes por año. Hoy tan solo hay 1 cada 6.300 habitantes cuando países de avanzada como China tienen 1 cada 2.000” [2]. Esto va de la mano con lo que expresa el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) “Cuando en 2012 se planteó que para tener crecimiento económico y desarrollo sostenible en nuestro país era imprescindible aumentar en cantidad y calidad la formación de ingenieros, se comenzó a trabajar poniendo como meta para 2020 que se gradúe anualmente 1 nuevo ingeniero cada 4.000 habitantes (lo que equivale a que se reciban el próximo año 11.500 estudiantes). [3]

Por tal motivo, fomentar programas que minimicen el impacto del cambio de un nivel a otro será un desafío por superar. Acortar este puente podría ser de gran utilidad para el futuro, teniendo en cuenta la necesidad a nivel país de obtener un mayor número de graduados en ingeniería.

4.2 Indicador - Inscriptos por materia por cohorte

En este apartado se busca conocer cuál es la proporción de estudiantes que se inscriben a cada materia por primera vez y la cantidad de recursantes. Se analiza cuantos de ellos quedan Regulares (R), Aprueban Directo (AD) o Libres (L).

Cabe aclarar que hoy los que abandonan se cargan en condición de Libre, situación que se busca optimizar utilizando el campo “Abandonó” que brinda como opción el Sysacad, con el fin de diferenciar aquellos alumnos que abandonan el cursado de la asignatura de aquellos que quedan libres por condición académica.

La información que nos proporciona este indicador es importante para detectar fortalezas y debilidades de cada asignatura, puntos críticos en cada año, y en consecuencia destinar mayores recursos y tiempo tanto al equipo de cátedra como al sistema tutorial para disminuir la cantidad de estudiantes en condición de Libre y en consecuencia la de Recursante. Impacto que se verá reflejado en mayor retención de estudiantes y desgranamiento.

En el siguiente ejemplo (Tabla 5), se puede visualizar la Materia Pensamiento, asignatura integradora correspondiente al primer año de la carrera.

Tabla 12 Análisis de Alumnos en la Materia Pensamiento Sistémico

Cohorte	Alumnos que alcanzaron la materia	Alumnos Aprobado Directo	Alumnos Regulares	Alumnos Libres	Alumnos Inscriptos	Alumnos que aprobaron Examen Final	Alumnos que se inscribieron más de una vez
2001	25		9	15	1	3	3
2002	37		21	14	2	10	2
2003	101		40	57	4	29	2
2004	79		36	37	6	24	1
2005	72		43	4	25	33	7
2006	84		50	30	4	46	9
2007	58		40	11	7	33	9
2008	74		50	23	1	46	11
2009	82		53	25	4	37	7
2010	63		44	19		27	15
2011	58		43	14	1	36	4
2012	53		39	9	5	31	2
2013	68		43	19	6	40	9
2014	53		33	4	16	23	9
2015	88		64	20	4	46	12
2016	65	2	40	5	18	28	14
2017	60	8	28	23	1	14	4
2018	55	6	28	20	1	18	6
2019	60	6	30	19	5	20	14
2020	64	10	20	20	14	4	13
2021	50						
	1349	32	754	388	125	548	153

Continuando con el análisis de la Cohorte 2018, se puede analizar que, de 55 inscriptos, 6 han Aprobado Directamente (AD), 28 han quedado Regulares (R), 20 Libres (L), mientras que 1 de ellos está inscripto actualmente, la lectura que se debe hacer en este último caso es que hoy en 2021 tenemos un alumno cursando Pensamiento Sistémico perteneciente a la cohorte 2018.

Con estos valores, se puede llegar a la conclusión que existen 31 estudiantes que todavía no han aprobado la asignatura ni por AD ni por examen final. De esos 31, 20 quedaron libres y 1 está recursando en 2021, con lo cual se observan 10 estudiantes de la cohorte 2018 que están Regulares actualmente.

Es en estos casos, nuevamente es donde toma relevancia la necesidad de contar con un TC con advertencias para derivar estos análisis al equipo de cátedra y/o al sistema tutorial. ¿Dónde están esos 10 estudiantes Regulares? ¿Por qué no rindieron la asignatura integradora de primer año? ¿Abandonaron la Facultad? ¿Qué dificultades tuvieron?, son todas preguntas que se debe hacer el Departamento para atacar la deserción y desgranamiento antes de que suceda.

Aquí solo se cita un ejemplo de una sola asignatura de una sola cohorte, pero si esto se transpola a todos los niveles y todas las asignaturas de la carrera, resulta ser una herramienta fundamental para tomar decisiones no solo en pos de mejorar los niveles exigidos por CONEAU sino de fortalecer la gestión Departamental para obtener un FODA con más Fortalezas y Oportunidades y menos Debilidades y Amenazas.

Además del análisis citado anteriormente, se pueden establecer otras conclusiones de relevancia según la normativa vigente:

- A partir de 2017 con el cambio de Reglamento de Estudio (Ord. 1549) aumentó el número de alumnos que Aprobaron Directamente (AP), condición que no existía en la Normativa anterior.
- La nueva Ordenanza también extiende la condición de Regular de manera indefinida.
- Por otro lado, también se observa un gran incremento de alumnos recursantes, debido a la posibilidad de reinscripción sin perder regularidad académica obtenida anteriormente. Es decir, un estudiante puede recursar una materia para intentar Aprobarla directamente sin perder la condición de Regular obtenida anteriormente.
- Existe una gran cantidad de alumnos en condición de Libre. Sin embargo, alumnos en esa situación no han quedado Libres académicamente (no haber alcanzado la aprobación mínima) sino que han abandonado la materia (no se presentan a rendir exámenes). Por ello, se puede observar que la opción "Abandonó" no es utilizada por los docentes al momento de cargar las condiciones académicas. Situación que sin duda debe ser modificada por toda la institución para que la información refleje más fielmente la realidad.

4.3 Indicador – Graduados por cohorte

En este apartado se reúne toda la información relevante a la materia Proyecto Final, última asignatura de Ing. Industrial, cuya aprobación significa la culminación de la Carrera.

Por un lado, se puede visualizar en la siguiente tabla, en las primeras dos columnas, 1602 ingresantes de los cuales 1235 no alcanzaron Proyecto Final. Esto significa que el 77% de los estudiantes que ingresan se pierden o atrasan en el camino, permaneciendo mucho tiempo entre 3º y 4º año, abandonando en algunos casos la carrera o en otros, terminándola mucho tiempo después (alumnos crónicos).

Por su parte, 367 estudiantes, el 23% que ingresa a la Facultad, se inscribe al menos una vez a Proyecto Final. De ellos, el 61.3% se gradúa mientras que el 38.7%. Estos estudiantes, son los que se deben incentivar a que terminen sus estudios, objetivo que tiene el Sistema de Tutorías y que fue mejorando en estos últimos 5 años a partir de los requerimientos de CONEAU.

Tabla 13 *Análisis general graduados - Asignatura Proyecto Final (2001-2021)*

Resumen materia Proyecto Final					
Cohorte	Ingresantes	Alumnos no alcanzaron PF	Alumnos que alcanzaron PF	Alumnos no aprobaron PF	Graduados totales
2001	186	136	50	6	44
2002	136	102	34	8	26
2003	103	77	26	7	19
2004	80	58	22	13	9
2005	72	51	21	4	17
2006	83	52	31	6	25
2007	59	44	15	4	11
2008	75	51	24	9	15
2009	82	62	20	9	11
2010	61	48	13	3	10
2011	55	33	22	12	10
2012	53	38	15	4	11
2013	63	44	19	12	7
2014	50	43	7	6	1
2015	83	57	26	17	9
2016	63	49	14	14	
2017	60	53	7	7	
2018	55	55			
2019	61	61			
2020	66	66			
2021	56	56			
Total	1602	1235	367	142	225

Como resultado adicional, se puede visualizar la cantidad de graduados por cohorte. En este gráfico, como dato llamativo, se visualiza la cohorte 2014 con baja cantidad de graduados, con lo cual deberá hacerse un análisis exhaustivo del atraso y los motivos por los cuales los estudiantes aún permanecen en la Facultad.

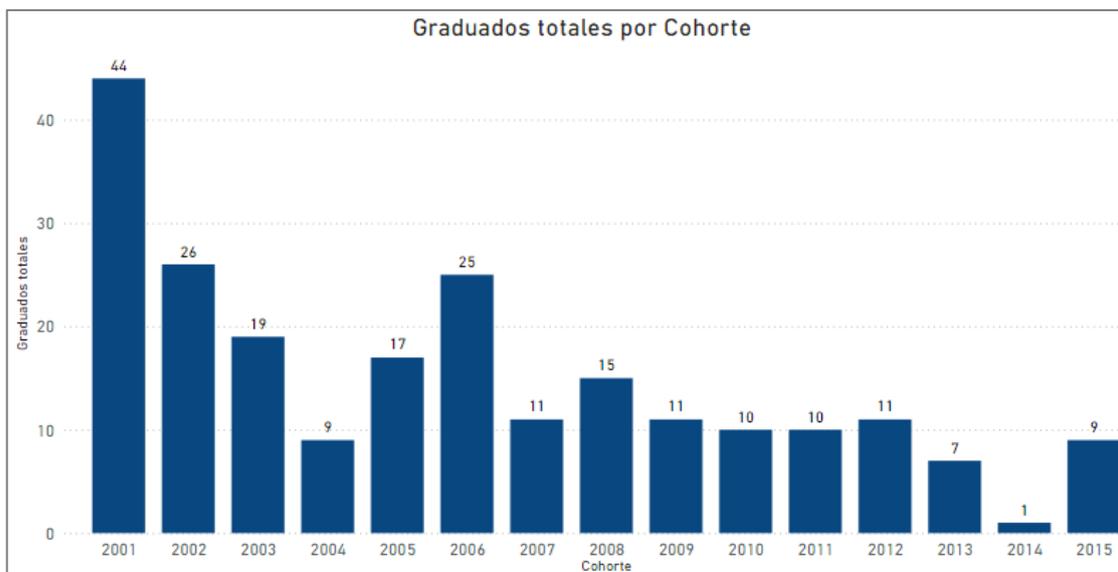


Figura 6 Graduados totales por cohorte

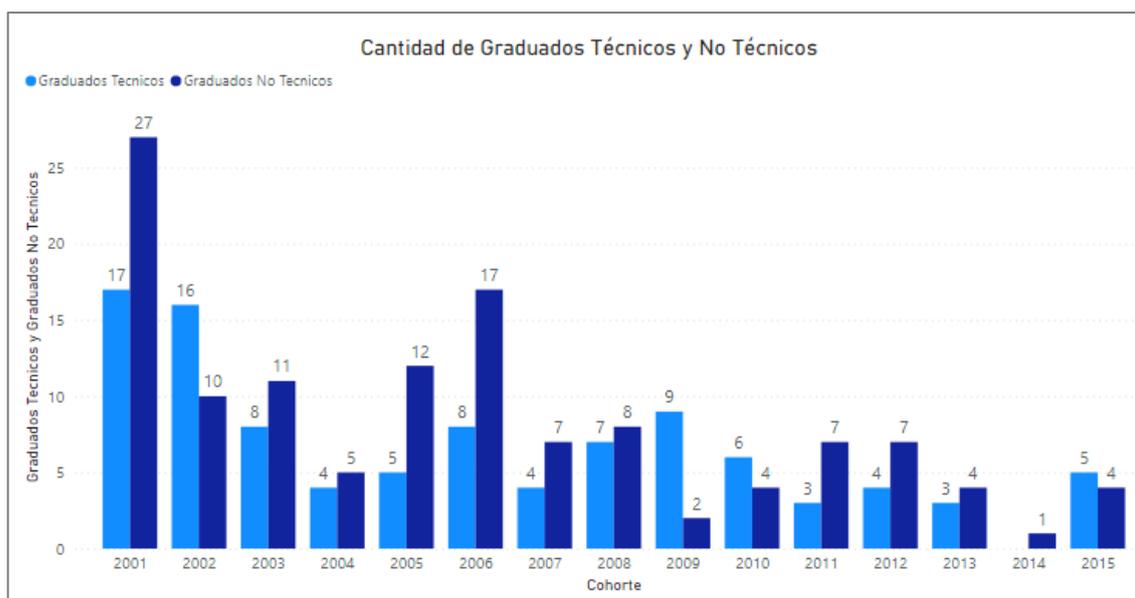


Figura 7 Graduados diferencias por la Orientación de la escuela - de nivel medio - Técnica y No Técnica por Cohorte

Si se analiza la Figura 4, “Recuento de estudiantes con orientación Técnica y No Técnica por cohorte”, se observa que en los primeros años de dictado de la carrera en la FRSN predomina el ingreso de estudiantes provenientes de escuelas con orientación técnica. Luego, desde 2011 en adelante, comienza a revertirse esa tendencia. Sin embargo, en la Figura 5, la tasa de graduación es mayor en aquellos estudiantes que provienen de escuelas con orientación no técnica.

Citando un ejemplo claro vemos que en la Figura 4, en el año 2001, ingresaron 87 estudiantes provenientes de escuelas de nivel medio no técnicas vs 99 de escuelas técnicas, pero en la Figura 6, son más los graduados no técnicos que técnicos (27 vs 17 respectivamente).

5. UTILIDAD DE INDICADORES EN CONTINGENCIA

A partir de la necesidad de prever un regreso consciente y cuidado a las aulas, debido a que la emergencia sanitaria imposibilita la realización de algunas actividades académicas de manera normal para respetar los protocolos establecidos surge el primer uso efectivo de uno de los indicadores propuestos. ¿Cómo se podía saber de manera certera y rápida cuantos alumnos estaban inscriptos en cada nivel? ¿Cuál era la asignatura con el máximo de alumnos inscriptos, a

que nivel pertenecían y en consecuencia qué aula ocuparían? ¿Se cumpliría con las normas sanitarias y distanciamiento?

Indicador “Cantidad de estudiantes inscriptos por asignatura por ciclo lectivo”.

Tabla 14 Utilidad de indicadores para cálculo de aforo en Pandemia

Nivel/Año	Capacidad del aula	Máxima cantidad de inscriptos	Aforo permitido
1º	65	41 TN-60 TT	35
2º	5	73	35
3º	50	68	30
4º	40	55	25
5º	33	42	18
Laboratorio	20 Pcs	73	10 Pcs

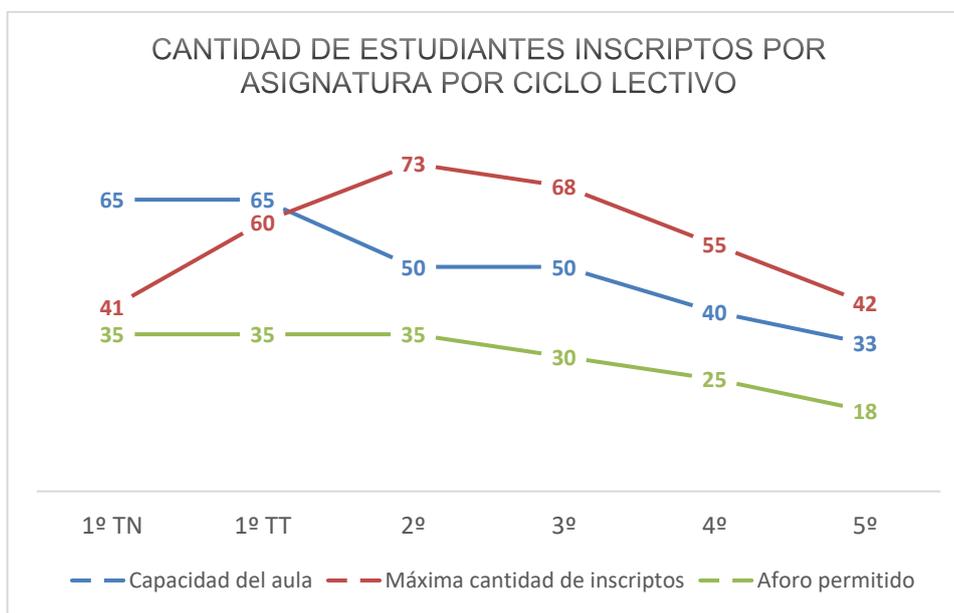


Figura 8 Cantidad de estudiantes inscriptos por asignatura por ciclo lectivo

Como muestra la Tabla 6 y Figura 7, gracias a las pruebas de implementación de indicadores para el TC se pudo dar respuesta rápida y precisa a las solicitudes de información de la Secretaría Académica para coordinar todos los regresos al aula. Posteriormente desde el Departamento Industrial se pudo asignar un sistema de reservas y turnos para aquellos Docentes que decidieron retornar con algunas actividades específicas.

Sin dudas disponer de la información en tiempo y forma nos permitió tomar decisiones acordes a la realidad sanitaria. Gestionar con un respaldo numérico y objetivo da lugar a actuar con menor grado de incertidumbre.

6.CONCLUSIÓN

Se puede afirmar que, los primeros pasos para la construcción del TC que conforma el sistema de gestión integral ayudaron a obtener información, a conocer y reconocer en este análisis, la situación actual de los estudiantes del Departamento Ingeniería Industrial. Gracias al FODA se visualizaron los primeros posibles indicadores, aquellos puntos críticos que serán el puntapié inicial para la gestión departamental de cara a la próxima acreditación de carrera.

Además, la detección de debilidades permitió orientar los recursos del sistema tutorial con un sistema informatizado de registro de datos e indicadores precisos relativos al desempeño de los estudiantes para detectar variaciones en el rendimiento académico, evitar deserción temprana, desgranamiento e incluso recuperar estudiantes avanzados crónicos para incentivarlos a culminar sus estudios.

Por lo expuesto anteriormente, el uso de un TC como herramienta de análisis y gestión, permite, además de detectar inconsistencias, obtener información y mediciones departamentales que colaboren en la toma de buenas decisiones.

Desarrollar nuevas estrategias de acompañamiento docente y tutorial a los estudiantes de todos los niveles, será el próximo paso en la gestión en pos de cumplimentar con los requerimientos de CONEAU.

La experiencia recolectada desde el Departamento Ingeniería Industrial fortalecerá la gestión a nivel Departamental y en consecuencia de la Facultad, ya que favorecerá, en el corto plazo, poder desarrollar todos los ejes del TC en el mencionado Departamento para luego replicar en las restantes especialidades de nuestra Unidad Académica y así conformar un sistema de gestión integral institucional.

6. REFERENCIAS

- [1] Morduchowicz, Alejandro. (2006). *Los indicadores educativos y las dimensiones que los integran*. IPE - UNESCO - Sede Regional Buenos Aires.
- [2] INFOBAE (2018). *Egresan 8 mil ingenieros por año frente a 34 mil graduados de sociales, abogacía y psicología*. <https://www.infobae.com/educacion/2018/01/24/psicologos-y-abogados-pero-no-ingenieros-en-algunas-disciplinas-clave-se-reciben-menos-de-25-alumnos/>
- [3] CONFEDI. (2020). *Día de la Ingeniería Argentina: Se necesitan más graduados, pero de calidad certificada*. <https://confedi.org.ar/en-el-dia-de-la-ingenieria-argentina-se-necesitan-mas-graduados-por-ano-pero-de-calidad-certificada/>

Análisis de gestión de riesgos y sostenibilidad en pymes del sector alimenticio

Fernández, Luciana E.*; Rezzónico, Ricardo C.

GINGEOS. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina.
lefernandez@frc.utn.edu.ar, rrezzonico@frc.utn.edu.ar

RESUMEN

Las organizaciones están inmersas en entornos locales y globales de complejidad y competitividad incrementales, multivariables y dinámicos, y se enfrentan a riesgos de diversa índole y en diferentes dimensiones de sus actividades (económico-financiera, ambiental, legal, información, tecnología, calidad, seguridad y salud ocupacional, responsabilidad social, entre otras). Dichos riesgos solo se transformarían en factores negativos que atentan hacia la supervivencia y el éxito, si no se los estudian, identifican, organizan, valoran y gestionan de un modo pertinente, a través de lógicas basadas en principios éticos, tecno-científicos y de administración. A partir de una amplia revisión de la literatura, el artículo analiza y describe los diversos factores y las fuentes de riesgos posibles de presentarse en las pymes en general, y particularmente en las pymes del sector alimentación (para lo que se estudia una muestra de pymes alimentarias exportadoras de la provincia de Córdoba / PAEC), con el objeto de diseñar un marco conceptual y contextual significativo, primer paso para la implementación de una gestión sostenible de riesgos (GSR). Para ello, se utiliza el modelo propuesto por la ISO 31000:2018 (Gestión de riesgos), que brinda una perspectiva sistémica que tiene en cuenta la complejidad organizacional presente en el conjunto de las variables objeto de estudio. A partir de la implementación de tal lógica sistemática, se pretende anticipar impactos de vectores de riesgos y posibilitar el surgimiento de efectos que optimicen el conjunto de decisiones-acciones vinculadas a la gestión integral. Así, el propósito central es contribuir al incremento de las capacidades de gestión de las pymes -en particular las alimentarias- (en virtud de las debilidades de gestión halladas en los resultados del estudio) y el aumento de sus probabilidades de éxito y aportes a la sostenibilidad en entornos de complejidad y competitividad creciente.

Palabras Claves: Riesgos, gestión sostenible, pymes, sector alimentación, ISO 31000:2018.

ABSTRACT

Organizations are immersed in local and global environments of incremental, multivariable and dynamic complexity and competitiveness, and they face risks of various kinds and in different dimensions of their activities (economic-financial, environmental, legal, information, technology, quality, occupational safety and health, social responsibility, among others). These risks would only become negative factors that threaten the survival and success of the organizations mentioned if they are not studied, identified, organized, valued and managed in a relevant way, through logics based on techno-scientific and management principles. Based on an extensive review of the literature, the article analyzes and describes the various factors and sources of risks that may occur in SMEs in general, and particularly SMEs in food sector (for which a sample of food exporting SMEs from the province of Córdoba -PAEC- is studied), with the aim to design a meaningful conceptual and contextual framework, the first step for the implementation of a sustainable risk management (GSR). For this, the model proposed by ISO 31000: 2018 (Risk management) is used, which provides a systemic perspective that takes into account the organizational complexity present in all the variables under study. From the implementation of such systematic logic, it is intended to anticipate the impacts of risk vectors and enable the emergence of effects that optimize the set of decisions-actions related to comprehensive management. Thus, the main purpose is to contribute to increasing the management capacities of food SMEs -particularly food companies- (by virtue of the management weaknesses found in the results of the study) and their chances of success and contributions to sustainability in environments of growing complexity and competitiveness.

Keywords: Risks, sustainable management, SMEs, food sector, ISO 31000:2018

1. INTRODUCCIÓN

Los exponenciales cambios surgidos con el crecimiento de la globalización, productos de la modernidad actual, traen implícito un presente y un futuro cuya característica particular es la incertidumbre propia del entorno y su dinámica. Hacer frente a esta incertidumbre, es poder identificar y gestionar los múltiples riesgos de la sostenibilidad organizacional, para así, incrementar la adaptabilidad y el éxito.

Ante la demanda creciente de organizaciones sostenibles, aquellas consistentes entre la economía, el ambiente y la sociedad, se destaca la emergencia de nuevos escenarios, cada vez más complejos y turbulentos, en los que se pueden identificar diversos riesgos implícitos, como los relacionados con el cumplimiento de la calidad; los derivados de la contaminación ambiental; los relacionados a las conducta ética y responsable del negocio y el vínculo con la sociedad en la que interviene; el compromiso de políticas en el cuidado de la salud y seguridad laboral; la adecuada gestión y motivación de recursos humanos; la incorporación de nuevas tecnologías; la decisiva planificación y gestión estratégica, entre muchas otras que cada vez tienen mayor protagonismo y escapan a la producción eficiente de bienes, que caracterizó la administración del siglo pasado.

Manejar la incertidumbre, sugiere pensar en base a riesgos: identificarlos, analizarlos, valorarlos y gestionarlos, para así integrar y evaluar sus posibles impactos, acercar escenarios y proveer un deslizamiento de las estrategias en igual sentido; estar prevenidos para lo que –en un análisis integral- ha sido identificado como fuente de riesgo. Esto requiere pensar y actuar en la sostenibilidad, en coherencia con el contexto y en los factores de riesgo que allí se generan.

En este sentido, identificar y operacionalizar factores de riesgo, externos o internos, e incluirlos en la gestión sistémica, tal como sugiere Pucci, conlleva a innumerables ventajas, pues “los riesgos se vuelven tangibles y pueden ser asociados a procesos específicos y por lo tanto ser analizados, valorados y tratados adecuadamente” [1]. Así, los riesgos identificados y gestionados, se incorporan a la estructura de aprendizajes y conocimientos de una organización, a la base intangible de potencialidades distintivas. De esta manera, la gestión de riesgos incrementa las capacidades de alerta y prevención de una organización y ayuda en el trazado y concreción de los objetivos organizacionales, que contribuyen a su desarrollo y sostenibilidad.

En contrapartida, se encuentran las elevadas tasas de mortalidad de pymes, como reflejo de que los modelos de gestión empleados por las pequeñas y medianas empresas presentan dificultades al intentar enfrentarse con éxito a la complejidad del entorno en el que conviven y a los variados factores de riesgos a los que se exponen. La literatura indica que las deficiencias de gestión son comunes a todas las pymes y frente al tratamiento de diversas problemáticas, tanto del ámbito externo como interno de la organización [2-4].

La realidad demuestra que las deficiencias de gestión cristalizan en el incumplimiento de los objetivos trazados, lo que impacta en dificultades de progreso, y se refleja en el posicionamiento de las pymes en los mercados en los que operan. En tal sentido, y de manera genérica, ISO establece que “organizaciones de todos los tipos y tamaños se enfrentan a factores e influencias externas e internas que hacen incierto el cumplimiento de sus objetivos” [5].

En el presente análisis, se toma por objeto de estudio a pymes alimentarias exportadoras de la provincia de Córdoba (PAEC), para poder analizar y comprender las percepciones acerca de los riesgos organizacionales, los modelos de gestión que implementan para su tratamiento y sus estrategias de sostenibilidad y éxito en el mercado. A partir del análisis de esta muestra de pymes, y en concordancia con la literatura citada, poder concluir las relaciones presentes entre ellas, y extrapolar conclusiones a la gestión general de pymes.

Las pymes alimentarias disponen de variadas herramientas de gestión para el tratamiento de riesgos específicos, por lo que intentarían sistematizar algunos de ellos a través de técnicas propuestas en las siguientes series de normas: ISO 9000:2015 (sistema de gestión de la calidad); ISO 14000:2015 (sistema de gestión ambiental); ISO 45001:2018 (sistema de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo); ISO 22000:2018 (sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos); ISO 26000:2010 (guía de responsabilidad social, entre otras normas y reglamentaciones específicas de la industria alimentaria).

Analizando estas normas es posible distinguir que cada una de ellas define riesgo y propone un tratamiento en función de su objeto de aplicación, sin considerar el sistema como un todo y careciendo del análisis de las posibles interacciones actuantes. En todos los casos originan una serie de aplicaciones de acciones en común, tales como: análisis, tratamiento, y mejora continua de los indicadores propios de cada sistema. Llevar adelante estos sistemas paralelos de gestión de riesgos presenta la dificultad del trabajo multi-áreas y las barreras sectoriales impuestas en ello, a la vez que conduce a una mayor burocracia interna y a la visión parcial de la organización.

Es preciso entonces destacar que el riesgo presente en una organización vinculado a un vector, es uno solo, con efectos derivados en múltiples áreas, y por lo tanto, es necesario poder realizar correctamente el vínculo riesgo - efecto. A partir de allí, poder gestionarlo entendiendo los beneficios que aporta el adecuado tratamiento, sin las restricciones que demarcan los análisis sectoriales, tomando a la organización como un todo interconectado. Por lo tanto, la gestión integral de riesgos es un eje transversal que cruza todas las actividades organizacionales: estratégicas y

operativas, y es considerada una variable de planificación del desarrollo; entender sus componentes (riesgos, amenazas, incertidumbres u oportunidades), ayudaría a delinear acciones con conocimiento adecuado para incrementar el umbral de certezas que conduzcan al cumplimiento de los objetivos.

Sistematizar la gestión de manera integral, se fundamenta, a partir de los postulados de la ciencia de la complejidad, en contrapartida con el tratamiento sectorizado de los diferentes riesgos, propio de la antigua concepción de las organizaciones. La comprensión de los fenómenos complejos, según expresan Rezzónico y Fernández [6], exige pues “un pensamiento holístico, en contraste con una visión analítica simplificadora que, al descomponer el todo en sus partes, lleva a examinar sólo ciertos elementos de los sistemas, sin tener en consideración las propiedades emergentes de su compleja articulación y su funcionamiento dinámico”.

A partir de lo expuesto anteriormente, se avanza en presentar a la gestión integral de riesgos propuesta por ISO 31000:2018, como una herramienta que brinda el marco analítico y procedimental adecuado para la gestión de los riesgos inherentes a las PAEC, desde donde vincular los diversos aspectos y converger en una gestión que contribuya a la sostenibilidad.

2. PYMES, CONTEXTOS Y RIESGOS

Sobre las pequeñas y medianas empresas se han demostrado su importancia e impacto económico y social en las diversas regiones [2, 3, 7, 8, 9]. Aunque no impresionen por el volumen de ventas individual, y tengan un bajo pronóstico de sobrevida a largo plazo, las pymes juegan un rol de alta importancia en la economía de los países, fundamentado esto en: la generación de empleo, contribución al PIB (producto interno bruto), crecimiento de la productividad, la contribución al comercio internacional, la fuente de iniciativa empresarial y el desarrollo de nuevos productos y servicios, entre otras ventajas socio-económicas.

Las micro, pequeñas y medianas empresas constituyen un sector muy importante para la economía argentina “ya que aportan la mitad del valor agregado nacional y explican más de dos de cada tres puestos de trabajo, según datos del último Censo Nacional Económico” según IERAL [10]. En el caso de la industria alimentaria Argentina, “alrededor del 90% de las empresas son pequeñas y medianas y el 54% exporta al mundo” Copal [11].

En contrapartida, la CEPAL [12] ha indicado que “en los países subdesarrollados entre un 50 y un 75% de este tipo de empresas, dejan de existir durante los primeros tres años”. Estos alarmantes porcentajes determinan la imperiosa necesidad de implementar sistemas de gestión que integren todos los factores que están involucrados con la empresa, para que de este modo exista una retroalimentación que permita la satisfacción de las necesidades de los distintos grupos de interés de la entidad y se asegure de este modo una sostenibilidad en el tiempo.

La estructura organizativa de las pymes se caracteriza a partir del dueño-gerente, quien ha pensado y construido su empresa a su criterio y conocimiento. Siguiendo en la cadena de mandos se encuentran unos pocos administrativos y colaboradores, para finalmente una mayor cantidad de operarios. Se destaca así el poder ejercido por el dueño-gerente y la centralización de la toma de decisiones en cada uno de los aspectos de la organización. Lo que para Velázquez Vázquez [2] y Urrutia et al. [13], conduce a descuidar el pensamiento estratégico en manos de las operaciones diarias de mayor urgencia. Así, las decisiones de producción, de mantenimiento, de inocuidad, contables y financieras, necesitan la aprobación del gerente para poder ser ejecutadas.

La planificación está caracterizada por una cultura informal y desestructurada, lo que para Gennero [14] es reflejo de la cultura paternalista y el gerenciamiento autocrático. La formalización de la planificación, con frecuencia se limita a la producción. Como consecuencia, quedan exentos de planificación formal otros elementos claves de las pymes como el diagrama de una estrategia a largo plazo, el diseño de los productos, el servicio de atención, las mejoras de los indicadores de calidad o la capacitación de los empleados. Formento et al. [15], describe “el empresario pyme es generalmente: autónomo, concreto e individualista, planifica poco o nada y pasa rápidamente de la visión a la acción”.

En términos generales, la bibliografía indica que las pymes no elaboran planes formales en función de definir y limitar que mercados atender y con qué productos específicos. Como lo plantea Zapata Guerrero [3], “se observa una tendencia a producir una amplia gama de productos para diferentes mercados sin tener información certera de cuales son rentables para la empresa”. Esto, reduce la eficiencia del negocio y no permite concentrarse en sectores del mercado que otorguen mayores ventajas competitivas. En cuanto a la competencia, el sector pyme es uno de los más vulnerables, dado que deben enfrentarse a competir con negocios que operan en la actividad informal, además, de encontrarse frente a políticas de precios impuestas por las primeras marcas.

En relación a los recursos humanos, es posible destacar que las pymes gestionan a estos de manera informal. Zapata Guerrero [3] y Gennero [14], expresan que los procesos de selección e inducción del personal son escasos; y que hay una carencia de motivación de los empleados. La contratación de personal para desarrollar gestiones gerenciales específicas, es propia de una pequeña porción de pymes. Aquellas que en el camino de madurez institucional han comprendido

que la diversidad interna de habilidades y modos de pensar, fortalecen las capacidades de enfrentarse a un entorno variable y complejo.

En este orden de ideas, Braidot et al. [16] infiere que muchas empresas argentinas están gobernadas por administraciones no profesionales o de corte familiar, donde los recursos humanos gerenciales son reducidos y carecen de formación profesional específica. Como consecuencia, este tipo de empresas, suele oponerse al cambio y su planificación, en casos en que hubiere, no contempla una serie de factores necesarios para enfrentar el proceso de globalización actual.

La continua competencia en el mercado, obligó a muchas pymes a enfocarse en el mejoramiento de la calidad y reducción de costos para permanecer en la senda de la competitividad. En un medio ambiente a menudo caracterizado por la limitación de recursos disponibles, alta presión de trabajo y trabajadores que pocos o ninguno, están familiarizados con los métodos de calidad, estas prácticas brindan oportunidades concretas para aumentar la competitividad. Formento et al. [15], destaca que las pymes presentan un interés creciente por los métodos de calidad, lo que contribuiría a conducir un cambio gradual en el enfoque de las compañías hacia la satisfacción del cliente, y el mejoramiento continuo. Aunque, el uso práctico de los métodos de calidad a largo plazo en pymes aún hoy es bastante limitado.

En línea con este pensamiento, Velázquez Vázquez [2] alude que ciertas pymes incorporan herramientas de calidad junto a certificaciones de normas, como métodos para mejorar internamente y dotar de capacidades para competir en mercados abiertos. Explicitando que “la certificación de ISO 9000 es una carta de presentación de las pymes, que identifica a sus procesos adecuados para el desarrollo productos”.

A la gestión general de las pymes, se suman que las pymes alimentarias se enfrentan a un complejo campo legal alimentario que brinda un marco de inocuidad a los productos, siendo de aplicación obligatoria. El sector agroalimentario está alcanzado dentro del Sistema de Control de Alimentos integrado por la Comisión Nacional de Alimentos, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). El documento legislativo de este sistema es el Código Alimentario Argentino (CAA). Al cual deben sumarse normativas y reglamentos con carácter de ley que dictaminan que el aseguramiento de la calidad e inocuidad debe llevarse a cabo, por la aplicación de los programas de Buenas Prácticas de manufactura (BPM) conformado por los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), la utilización de los programas de Manejo Integrado de Plagas y de las Buenas Prácticas Agrícolas. Por resolución del SENASA N° 205/2014, es obligatoria la implementación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés) en todos los establecimientos alcanzados por la jurisdicción de ese organismo.

2.1 Factores de éxito en pymes

Avanzando en la delimitación de los factores internos que articulan el éxito de las pymes, se encuentran investigaciones relacionadas a dos aspectos claves en estudio: a) la identificación de problemáticas en las pymes, y b) factores de éxito competitivo en pymes. Estas relaciones brindan la pauta de que -por éxito o fracaso- son elementos claves a considerar en el análisis integral y que gestionarlos adecuadamente acercaría claridad para tomar decisiones que permitan posicionar competitivamente la organización. Rubio y Aragón [17], presentan conclusiones en relación a los éxitos en las pymes, con bases en dos ámbitos organizativos: el efecto interno y el efecto entorno, demostrando la supremacía del primero sobre el segundo. Este resultado ofrece un apoyo empírico sólido a la teoría de las capacidades internas de cada organización para el éxito.

Entre los factores externos que comúnmente se identifican como causas que impiden el éxito y progreso de las pymes, delimitados por ciertos autores [2, 3, 4, 9, 16] se encuentran: insuficiencia en las políticas estatales de seguridad jurídica y estabilidad macroeconómica, escaso acceso al financiamiento, sistema tributario de elevada presión, legislación laboral compleja, cierta falta de apoyos del estado, entre otros variados. Contrariamente, se encuentra que estos factores externos resultan de baja influencia en el éxito de las pymes. En este sentido Milesi et al. [18] establece que “los empresarios suelen tomar a ellos como restricciones al crecimiento, y no como propiciadores de la competitividad de la empresa”, aun así, con condiciones macroeconómicas para todos por igual, se encuentran pymes exportadoras exitosas con características de gestión particulares que logran demostrar su posición competitiva.

Se presentan a continuación algunos factores de éxitos distintivos:

Estilo de liderazgo: existe un paradigma que indica que el éxito de las pequeñas empresas se atribuye a la capacidad de gestión, al entrenamiento, a los conocimientos o a la educación del propietario de la firma o emprendedor que inició el negocio. Esta idea, opera sobre el propio empresario quien se siente dueño absoluto de los éxitos y fracasos, minimizando en consecuencia el aporte de otros miembros. No obstante, la capacidad de éste para influir en el comportamiento de los demás con el fin de conseguir los objetivos organizacionales, es parte de las características de éxito presente en pymes, indicadas por Rubio y Aragón [17], en ello influye el conocimiento del líder y la comprensión del canal de comunicación directo

que presentan las pymes, entre otras características que hacen al líder poseedor de una capacidad directiva distintiva. En otro estudio, Zapata Guerrero [3] determinó que “un indicador presente en pymes exitosas refleja la separación clara y explícita entre el proyecto de vida del empresario y la orientación estratégica de la organización”.

Gestión de recursos humanos: en las pymes indicadas exitosas, se encuentra una mejor gestión de los recursos humanos, así como también de la cantidad de personas donde se descentraliza la toma de decisiones, en este sentido, Rubio y Aragón [17] aducen que “contar con adecuadas políticas de gestión y dirección de los recursos humanos, que faciliten las tareas de atracción de personal competente, la motivación en el trabajo y específicos planes formativos de calificación del personal, contribuirán positivamente a afrontar los retos organizativos”.

Orientación al cliente y mercado: la clara orientación al cliente, la comprensión de sus necesidades y la respuesta a éstas por parte de la empresa. En línea con esta afirmación, Crespo Armengol [19] indica que las pymes exitosas se caracterizan por haber salido a buscar la demanda, tomando actitudes más activas, participando en ferias y misiones comerciales, contando, además, con el apoyo de los organismos públicos y privados, que se ocupan en acercar las empresas nacionales a los mercados del exterior. Otro factor del éxito exportador destacado por Milesi et al. [18], es el grado de conocimiento del mercado destino y el seguimiento de desempeño de los productos exportados en esos mercados.

Gestión de la calidad: la importancia y beneficios de la implementación de los principios, técnicas y herramientas de la calidad total en pymes han sido discutidos y enfatizados en muchos informes. Formento [15] reveló que las pymes presentan ventajas frente a la implementación de dichos principios basados en la flexibilidad operativa, su habilidad para adaptarse relativamente rápido a los cambios del entorno y una comunicación más efectiva. Lo que conduce a incrementar sus capacidades de aprendizaje de doble bucle, dinamizando una serie de procesos internos que se determinan como factores claves del éxito de las pymes. Este concepto, debe ser entendido desde la calidad total, integrando el diseño del producto, las especificaciones en base a las necesidades de los clientes, el diagrama del proceso, la producción, la materia prima, las personas, el ambiente, la sociedad, el servicio de atención, la gestión de los reclamos, la ética, entre otros.

2.2 Gestión del riesgo

El actual concepto de riesgo, se aparta de la vertiente azarosa convencional, para delimitarse según ISO 31000:2018 en “efecto de la incertidumbre sobre los objetivos” [5], aclarando la norma que: un efecto es una desviación respecto a lo previsto; puede ser positivo, negativo o ambos, y puede abordar, crear o resultar en oportunidades y amenazas. Los objetivos pueden tener diferentes aspectos y categorías, y se pueden aplicar a diferentes niveles. De este modo, se destaca que en todas las organizaciones existe un potencial de sucesos que pueden configurarse como oportunidades para conseguir beneficios o, por el contrario, amenazas para la sostenibilidad y el éxito empresarial. Dopazo y Candelario [20], sostienen que “los actuales modelos de gestión del riesgo integrales, abordan ambas vertientes, siendo esta actitud estratégica clave para asegurar el progreso equilibrado de la organización”.

La gestión sostenible del riesgo (GSR) comprende un conjunto de acciones, procesos y herramientas tendientes a evitar los impactos que los riesgos pueden ocasionar, insertos en un marco de planificación anticipada, con la sostenibilidad como eje conductor integral. Por ello, es preventiva y pro-activa, dado que induce a pensar en los riesgos posibles de ocurrir y a actuar de manera anticipada para poder crear beneficios a partir de ellos, teniendo como fin incrementar la adaptabilidad de las organizaciones en el entorno, contribuyendo a su sostenibilidad.

La gestión de riesgos tiene su origen a partir de la gestión y tratamiento de los riesgos en los seguros, alrededor de 1970. A partir de allí, se amplió el enfoque de riesgos implementándose en las entidades financieras y bancarias, hasta culminar en los actuales sistemas de gestión integrales posibles de aplicar en cualquier entidad independientemente de cual fuera su tipo y tamaño. Martínez García [21], indica que la evolución responde a la búsqueda de un enfoque multidisciplinar en la gestión de riesgos inherentes a un negocio, admitiendo que permite obtener beneficios a través de la evaluación y supervisión de la interrelación existente entre ellos.

Estos sistemas, han comprendido la lógica de las ciencias de la complejidad, aquellas que contemplan a la organización como un todo interconectado, en el que no es posible simplificar y gestionar por áreas aisladas, sino que es necesario valorar el impacto de un vector en el análisis integral, horizontal y multidisciplinario. En un todo, compuesto por partes interconectadas que no pueden estudiarse aisladamente, pero si sistematizarse bajo un mismo marco procedimental.

2.3 Sistema de gestión del riesgo de ISO 31000:2018

Desde la comprensión de la realidad organizacional compleja, y las necesidades de gestionar riesgos integralmente, se presenta la norma ISO 31000:2018 Gestión del riesgo [5]. El estándar, creado en 2009 como la primera norma internacional de estas características, presenta

hoy su segunda versión. En ella se proporcionan los principios y directrices necesarios para la gestión de todo tipo de riesgos dentro de un contexto general e integrado, y a la vez, sistemático, transparente y adaptable a cualquier ámbito y contexto. El propósito es ayudar a todas las organizaciones (cualquiera fuera su forma jurídica, sector o tamaño) a generar, implementar, mantener y mejorar su propio sistema de gestión de riesgos en el marco de responsabilidad de un buen gobierno corporativo.

La norma explicita que una adecuada gestión de riesgos provee las herramientas necesarias para identificar el contexto organizacional y trazar objetivos y políticas que ayuden a alcanzar el éxito en las organizaciones. Este carácter inclusivo, proactivo y estratégico confiere la capacidad de establecer bases técnicas y sistemáticas para que una organización alcance sus objetivos y logre una mayor adaptabilidad en el entorno en el que actúa, contribuyendo a la sustentabilidad. ISO [5], recomienda que “la gestión de riesgo debe estar integrada en todos los procesos de gobierno de la organización, la gestión, la comunicación, las políticas, la filosofía y la cultura de la misma”. Por ello, el modelo propuesto se basa en: principios, un marco de referencia y el proceso de gestión del riesgo.

Los principios proporcionan orientación sobre las características de una gestión del riesgo eficaz y eficiente, comunicando su valor y explicando su intención y propósito. Estos son el fundamento de la gestión del riesgo y se deberían considerar cuando se establece el marco de referencia y los procesos de la gestión del riesgo de la organización.

Los principios propuestos en ISO 31000:2018 indican que la gestión de riesgos debe realizarse de manera: a) integrada: parte de todas las actividades de la organización; b) estructurada y exhaustiva: contribuye a resultados coherentes y comparables; c) adaptada: el proceso de la gestión del riesgo se adapta a los contextos externo e interno de la organización relacionados con sus objetivos; d) inclusiva: la participación apropiada de las partes interesadas permite que se consideren su conocimiento, puntos de vista y percepciones; e) dinámica: los riesgos pueden aparecer, cambiar o desaparecer con los cambios de los contextos externo e interno de la organización; f) mejor información disponible: las entradas a la gestión del riesgo se basan en información histórica y actualizada, debiendo ser oportuna, clara y disponible para las partes interesadas; g) factores humanos y culturales: estos influyen considerablemente en todos los aspectos de la gestión del riesgo; y h) mejora continua: basado en el aprendizaje y la experiencia. [5]

El desarrollo del marco de referencia implica integrar, diseñar, implementar, valorar y mejorar la gestión del riesgo a lo largo de toda la organización, dado que la eficacia de la gestión del riesgo dependerá de su integración en la gobernanza de la organización, incluyendo la toma de decisiones.

El proceso de gestión del riesgo que propone la norma implica la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas a las actividades de comunicación y consulta, establecimiento del contexto y evaluación, tratamiento, seguimiento, revisión, registro e informe del riesgo, el cual se ilustra en la figura 1.

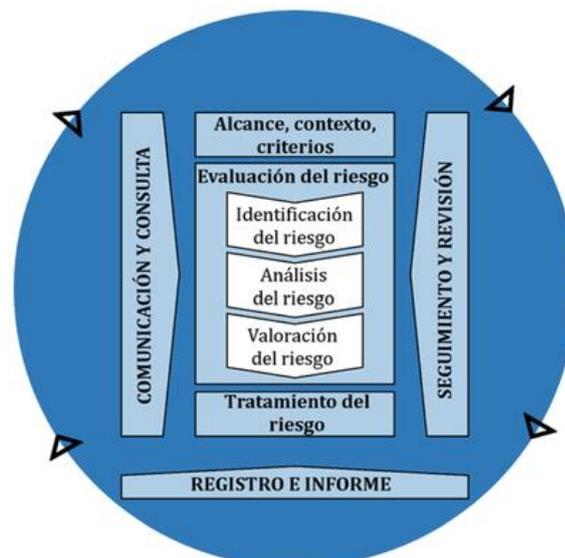


Figura 1: Proceso de gestión de riesgos. Fuente: ISO (2018) [5]

La norma propone este proceso y sugiere que el mismo debería ser una parte integral de la gestión y de la toma de decisiones, integrándose en la estructura, las operaciones y los procesos de la organización. La misma puede aplicarse a nivel estratégico, operacional, de programa o de proyecto, adaptadas para lograr objetivos, y apropiadas a los contextos externo e interno en los cuales se aplican. Además, la norma indica que: aunque el proceso de la gestión del riesgo se

presenta como secuencial, en la práctica es iterativo. Ésta es compatible con los demás modelos de gestión de riesgos específicos, dado que los toma como sistemas de evaluación y tratamiento. Este carácter inclusivo, proactivo y estratégico confiere la capacidad de establecer bases sustentables para que una organización alcance sus objetivos y logre una mayor adaptabilidad en el entorno en el que actúa.

3. ESTUDIO EN PYMES ALIMENTARIAS EXPORTADORAS CORDOBESAS

Con el objetivo de recabar información acerca de los diversos riesgos identificados y gestionados por las pymes, se realizó una investigación de campo sobre las PAEC. En él se intenta describir como estas perciben, analizan y sistematizan, desde un abanico de fuentes y sectores donde la industria opera. Así se indaga sobre la identificación, trascendencia, formalidad y gestión de los mismos.

Para la obtención del universo muestral, se tomó la información de la base de datos proporcionada por la Agencia Pro-Córdoba [22]. Fueron entrevistadas un total 11 (15,7%) de una población total de 70 PAEC. El tratamiento estadístico de los parámetros numéricos se trabajó con la variable t de Student con n-1 grados de libertad, con un intervalo de confianza del 95%, apropiado para el análisis correcto de muestras poblacionales pequeñas. Así, los datos observados gozan de la característica de poder realizarse inferencias al resto de la población. En el caso de las variables categóricas, se expresa un porcentaje, que representa la estadística descriptiva de la muestra analizada. La recolección de la información fue a través de entrevistas estructuradas y personales con informantes claves: gerentes de PAEC.

3.1 Resultados

La muestra poblacional abarca diversos sectores del Código Alimentario Argentino, con una variada gama de productos. Su heterogeneidad, avala la aleatoriedad y fuerza de los estimadores obtenidos a partir de la muestra.

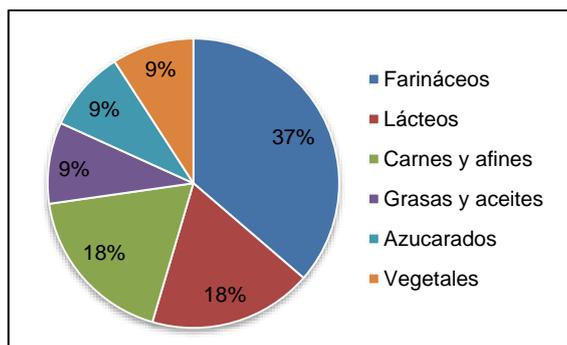


Figura 2: Muestra poblacional según sectores del CAA.

Características estructurales: la antigüedad media de las pymes resultó en 30,8 años. En relación a la dirección: el 64% de las pymes están dirigidas por la primera generación: el emprendedor fundador. El 27% de ellas por la segunda generación. Solo el 9% ha trascendido a la tercera generación familiar. En todos los casos la estructura organizacional se corresponde a las características pymes: un directivo, unos pocos mandos medios y gran proporción de operarios. Consecuentemente se encontró que el proceso de selección de los RRHH se encuentra formalizado en el 55% de la muestra poblacional. En tanto el 45% de las PAEC presenta una selección informal de su personal.

Exportaciones: representan el 12,8% de su producción, aduciendo comenzar por los países limítrofes para luego introducirse en mercados de mayores exigencias. Esto indica una baja dependencia a los clientes externos, aunque todas presentaron posibilidad de crecimiento exterior.

Formalidad de la planificación organizacional: los datos analizados demuestran que el 54,5% de las pymes determina formalmente los objetivos organizacionales, aunque sólo el 27% de las pymes midieron con precisión el porcentaje de objetivos cumplidos en el periodo anterior. En tanto un 54,5% de las pymes dicen identificar y analizar las causas que originaron el incumplimiento de los mismos.

Riesgos competitivos: el conocimiento de los competidores presenta el porcentaje más alto en análisis, seguimiento y tratamiento en pos de la mejora y superación de la PAEC. Esto lo demuestra que el 82% de las pymes pudo establecer con precisión su posición en el mercado, y brindar información clara acerca de los competidores, y del conocimiento que se tiene de cada uno de ellos.

Riesgos de inocuidad: la inocuidad de los alimentos es gestionada en un 46,2% de los casos solo a través del cumplimiento de las leyes del CAA mediante la aplicación de Buenas Prácticas de

Manufactura. El 38,5% de las empresas aplica además análisis HACCP. Finalmente, solo el 15,4% de las empresas implementa el sistema de gestión de la inocuidad de ISO 22000:2018.

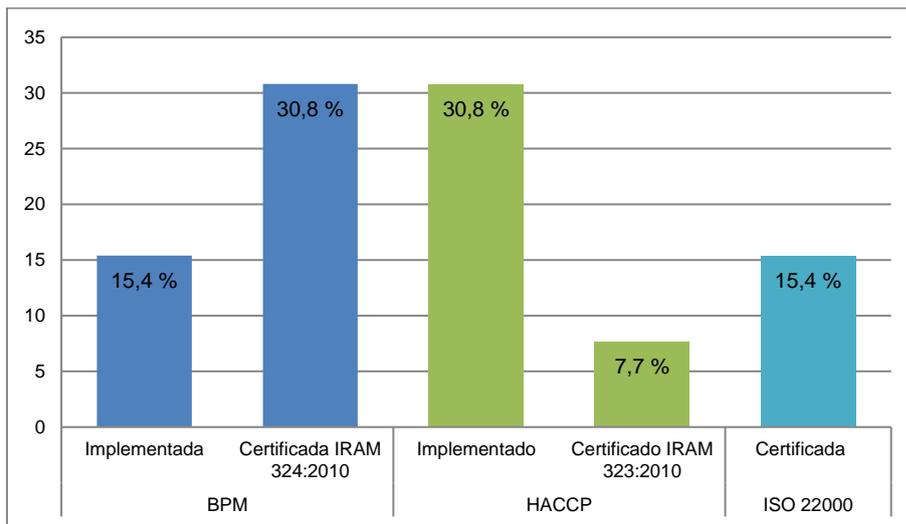


Figura 3 Gestión de la inocuidad.

Estándares internacionales de gestión de riesgos específicos: se encontró que prima un desconocimiento de los estándares, sus objetivos y beneficios, a excepción de ISO 9000:2015 e ISO 22000:2018. Solo el 15,4% han implementado y certificado ISO 22000:2018. Las mismas que implementaron ISO 9000:2015, aunque sólo una de ellas la certificó. Cabe destacar que las empresas que han certificado estándares destacan con énfasis los beneficios adquiridos por su implementación, expresando la ayuda en la organización interna, en el orden administrativo y productivo, el involucramiento del personal y destacando que la normalización es el dinamizador de la manifestación de errores que inducen a la mejora continua.

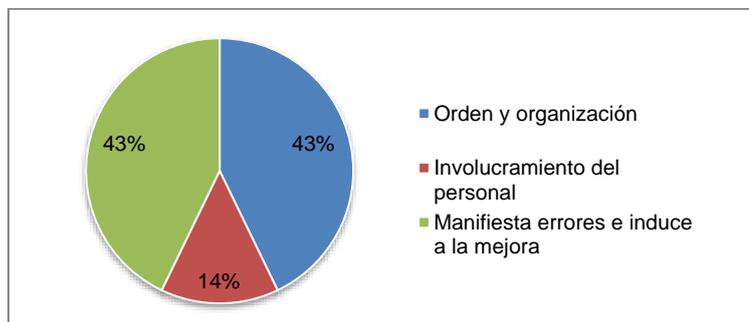


Figura 4 Beneficios del uso de normas según empresas certificadas.

Cuidados ambientales: los resultados encontrados determinan que el 64% de las empresas respondió que realizan acciones de cuidados ambientales sobre los efluentes producidos. El 36% restante especificó que no realizan actividades ambientales de ningún tipo.

Acciones con la sociedad: las respuestas obtenidas arrojaron como resultado que el 55% de las empresas realiza alguna acción de vinculo social, consistiendo en el 90% de los casos en donaciones de alimentos a instituciones de sus comunidades.

Factores críticos de éxito: se encontró gran dispersión en las respuestas, incluyéndose factores particulares asociados al éxito de cada empresa que no pueden ser inferidos a la población. Aun así, se destacan con un porcentaje superior, dos factores claves explicitados, estos son la trayectoria de la empresa y la calidad de los productos. En relación a la trayectoria, los gerentes subrayan aspectos como la imagen de empresa, la historia y la permanencia en el mercado, sinónimos de la seriedad en los negocios y el éxito económico. En relación a la calidad, explicitaron factores de homogeneidad y estandarización de sus productos elaborados.

En un segundo orden de importancia, se encuentran destacadas las características de adaptabilidad a los cambios del mercado y las variables externas, la reinversión de las ganancias como motor del crecimiento continuo, el conocimiento de los gustos y necesidades de los clientes, y –finalmente- se destaca a los recursos humanos como claves para alcanzar los objetivos empresariales propuestos. El 64% de los gerentes PAEC establecieron que realizan análisis y seguimientos informales de los factores críticos de éxito, sin sistematización de los mismos. En tanto el 36% restante no realiza seguimiento alguno. En tanto que señalan que la toma de decisiones

frente a estos, son ejecutadas por los gerentes generales/presidentes/directores de las pymes en el 91% de los casos analizados.

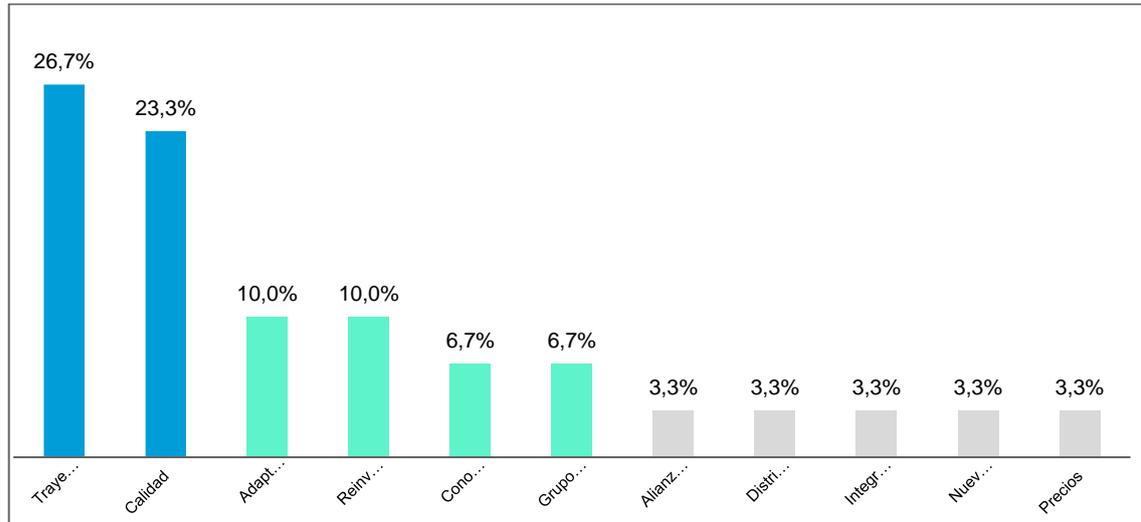


Figura 5 Factores críticos de éxito.

Riesgos percibidos: el resultado obtenido es coherente con los FCE y las dificultades de gestión de las PAEC: el 35,7% de los gerentes pymes indica que el principal riesgo son los RRHH de la empresa. En segundo lugar, con el 21,4%, se encuentra a los competidores como el riesgo a los que las pymes se exponen. Con valores del 7,1% se encuentran otros factores como la incidencia del proyecto de vida del fundador en el crecimiento de la pyme, el *know how*, la no reinversión, el poder ejercido por los proveedores y finalmente la normativa ambiental y el desarrollo urbano en zonas cercanas a las plantas industriales.

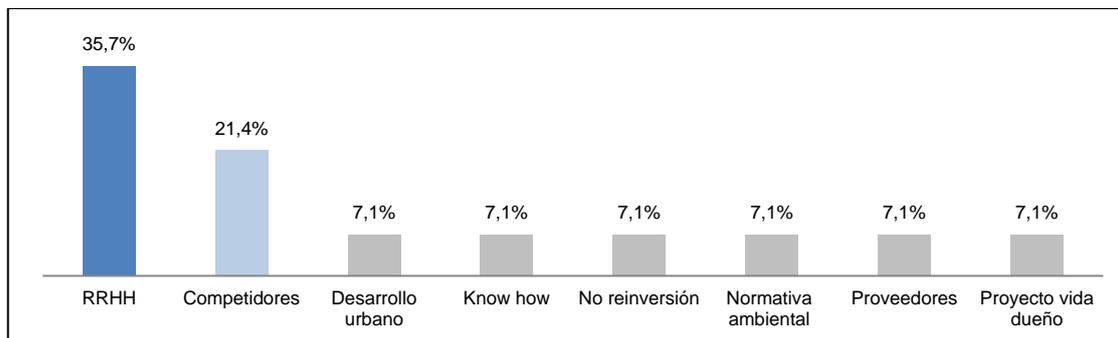


Figura 6 Percepción de riesgos en las PAEC.

Riesgos en recursos humanos: el factor riesgo de RRHH un hallazgo en los datos obtenidos, dado que surge como elemento crítico y carente de una adecuada gestión. Se menciona como FCE en el 7% de las pymes, como dificultad de gestión el 67% de las PAEC, y como el principal factor de riesgo al que se exponen las pymes alimentarias con el 35,7% de los casos. Las mismas pymes son las que reconocen que no han analizado los riesgos de motivación del personal en el 64% de los casos, así como tampoco implementaron herramientas para la gestión del conocimiento del mismo.

Este eje, revela la necesidad de abordaje de una gestión integral de los RRHH donde se inicie en la formalidad de la selección del personal y se avance en las dificultades explicitadas como la responsabilidad del trabajo, la motivación, la pro actividad y la necesidad de comunicación. Sólo el 7% de las pymes, destacan la importancia de los RRHH en el éxito empresarial, sinónimo que la adecuada gestión conduce al logro de los objetivos organizacionales: este dato lo aporta en coincidencia, una pyme con certificación ISO 9001, y de mayor trayectoria de exportación. Un dato importante surge cuando el 73% de los gerentes afirma que las dificultades en relación a los RRHH inciden negativamente sobre los objetivos organizacionales.

Gestión de riesgos: el estudio explicitó que las PAEC presentan una percepción de los riesgos focalizados fuertemente en dos aristas: los competidores y los RRHH, permaneciendo en constante análisis los competidores y careciendo de una adecuada gestión en relación al riesgo RRHH. Aun así, el 64% de los gerentes dijeron tomar medidas de control sobre estos riesgos sin sistematización en la gestión, basadas en acciones puntuales tendientes a la mejora, encontrándose que los riesgos son tratados en el momento que surgen en el 73% de las PAEC.

Resulta entonces una visión de riesgos acotada en elementos posibles de identificar, analizar y tratar en el contexto organizacional, careciendo del análisis sistemático y organizacional.

Estos y otros factores analizados demuestran una cultura organizacional que no presenta madurez en relación a la gestión de sus riesgos, acompañados de una carencia en la visión de los factores de incidencia. Las PAEC presentan un aceptable conocimiento de los riesgos de mercado y en el campo legal: las BPM y la salud y seguridad ocupacional, frente a un interés y manejo limitado de los factores de sustentabilidad que engloban al buen gobierno de la organización, la satisfacción de los clientes, los RRHH, el ambiente, la sociedad y la gestión sistémica del éxito de la organización con un compromiso sostenible a futuro.

Complementariamente, debe tenerse en cuenta que las PAEC funcionarían como cierta élite dentro del sector alimentario a raíz de las exigencias y estándares que deben cumplir relacionados con la exportación. Podrían inferirse entonces, ciertas características bastante limitadas de la gestión estratégica y organizacional en el conjunto sectorial de las pymes.

4. CONCLUSIONES

Habiendo revisado las perspectivas y avances teóricos en relación a una agenda estratégica en la gestión de empresas -en primer lugar- y estudiado / analizado -posteriormente- la situación actual de las pymes alimentarias exportadoras cordobesas, en donde se han encontrado algunas evidentes limitaciones e inconvenientes carencias en relación a la gestión de determinados riesgos considerados críticos, se cree adecuado destacar algunas situaciones y generar fundamentos para la adopción de estrategias superadoras.

Las pymes estudiadas fundamentalmente coinciden en subrayar a la calidad como un factor de éxito empresarial, explicitando a ésta centralmente a través de la calidad del producto elaborado. Debe destacarse aquí que ello se relaciona con 40 años de evolución lenta en la apropiación de la filosofía y las herramientas de la calidad, aunque desde una mirada limitada, pues revisitando las palabras de Ishikawa, citado por Serra Belenguer y Bugueño [23], se destaca que “en un sentido estrecho, calidad significa calidad de producto; en un sentido amplio, calidad significa: calidad del producto, calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de información, calidad del proceso, calidad de organización, calidad de persona -incluyendo a los ejecutivos-, calidad de sistemas, calidad de objetivos, etc.” (subrayado nuestro). Fundamentan además que la trayectoria y permanencia de la empresa en el mercado es el otro pilar en el que basan su éxito. Así, destacan estos dos factores puntuales de una manera acotada, sesgados en una sola faceta de las que promueve la perspectiva calidad. Además, como dificultad destacada, han señalado -estadísticamente hablando- que el principal factor al que se enfrentan es la gestión del factor humano (o de RRHH, como lo mencionan, desde la clásica perspectiva).

Como se mencionó anteriormente, esta evolución integral del enfoque de la calidad, en el marco de cierto avance del paradigma de la responsabilidad social, se ha traducido en la actualidad en el concepto de sustentabilidad organizacional, y relacionado con ello, a la innovación y la sostenibilidad (desde la perspectiva de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS- de la ONU) como los operadores claves en la dirección estratégica de toda organización inteligente. Aunque ésta no es -precisamente- una perspectiva que aparezca claramente en la agenda y opere de modo potente en las pymes estudiadas.

El desarrollo sostenible de cualquier organización se basa en su crecimiento económico (deseable con lógicas de economía circular), pero hoy además, en su involucramiento con el desarrollo social y otros factores complejos como la equidad, así como en sus perspectivas medioambientales y sus aportes al equilibrio de los ecosistemas, para lo que debiera ser conducida por potencial y talento humano cada vez más inteligente y conocedores de las necesidades y ventajas de una adecuada gestión de los recursos y relaciones, para hoy y el futuro. Estos pilares del desarrollo sostenible son interdependientes, lo que significa que se obtendrán conclusiones erróneas si sólo tenemos en cuenta aisladamente a cualquiera de ellos, como se advierte -en relación con los resultados hallados al indagar en las PAEC- cuando no se tienen perspectivas de gestión de un grado de conciencia superior.

En este sentido, la gestión de riesgos, instaurada a nivel estratégico, puede ser usada como un factor de integración, dado el enfoque complejo y acabado de cada una de las variables. El aporte de la norma ISO 31000:2018 es precisamente la generación de un marco de análisis del entorno y de los riesgos asociados como la base de un sistema de gestión sostenible, el cual induce a la generación de un marco organizativo basado en principios para la gestión de cualquier tipo de riesgo. Es decir, se integra como eje transversal al proceso de planificación y gestión, de modo de poder orientar las acciones en base al marco desarrollado.

Es así que se cree pertinente proponer la adopción de un modelo de gestión que se adecue a las emergentes necesidades actuales y colabore integralmente en una gestión sostenible de las pymes. Tal modelo podría estar basado en la ISO 31000:2018 y con la perspectiva más inteligente, global y humana de la ISO 26000:2010, como la precursora del enfoque de sostenibilidad, a las que podrían sumarse otras normas relacionadas basadas en la resiliencia y continuidad del negocio, la transparencia y la gestión sostenible. Aplicar sistémicamente estas lógicas permitirían potenciar el

desarrollo del involucramiento, la innovación, la creación de ventajas competitivas, cimentaría las fortalezas e incrementaría las capacidades de gestión (entre otras ventajas), y con ello se avanzaría hacia una mayor adaptabilidad y éxito individual y del conjunto de las PAEC.

El incremento de estas capacidades se basaría en una metodología sistémica, que aportarían mecanismos de identificación y promoción de una gestión sustentable de riesgos basados en la mejora continua. Obviamente, para esto se debe considerar el marco contextual en el que la pyme se encuentra, adoptar el concepto complejo de visión de riesgo y generar una cultura proactiva de gestión que permita mirar, pensar y actuar en base a los riesgos considerados y valorados como críticos, forjando una oportunidad de crecimiento interno genuino. Así se podrían tomar decisiones más inteligentes y conscientes, sustentadas en un análisis sistemático, completo e integrador de todos los factores de éxito que componen una organización. Se debe destacar que, incrementar capacidades de gestión sugiere fortalecer la organización a partir de procesos de gestión de los intangibles como son el conocimiento y las relaciones de confianza con los involucrados -entre otros factores- pues éstos son estructuralmente y estratégicamente valiosos, difíciles de imitar y competitivamente distintivos.

Complementariamente, se sugiere posicionar al sistema de gestión del riesgo sustentable a nivel gerencial, como modelo marco para la comprensión y el tratamiento de los factores que conduzcan al éxito de las PAEC, y de manera inferencial a las pymes en general. Su implementación se traduciría en minimizar pérdidas y debilidades, potenciar fortalezas y aprovechar oportunidades y actuar consecuentemente contra las emergentes amenazas competitivas y para alcanzar los objetivos estratégicos que fueron diseñados.

5. REFERENCIAS

- [1] Pucci, F. (2004). *Aprendizaje organizacional y formación profesional para la gestión del riesgo*. Cinterfor. Montevideo.
- [2] Velásquez Vásquez F. (2004). "La estrategia, la estructura y las formas de asociación: fuentes de ventaja competitiva para las pymes colombianas". *Revista de Estudios Gerenciales*, Universidad ICESI, N° 93, pp 73-97.
- [3] Zapata Guerrero, E. (2004). "Las pymes y su problemática empresarial. Análisis de casos". *Revistas Escuela de Administración de Negocios* N° 52, pp 119-135.
- [4] Valecillos, C.; Quintero, N. (2007). "Enfoque de las organizaciones inteligentes en la implementación de nuevas técnicas de dirección en las pequeñas y medianas empresas". *Revista de Ciencias Sociales* (RCS). Vol. XIII, No. 2, Mayo - Agosto 2007, pp. 278 – 289.
- [5] ISO (2018). *ISO 31000:2018. Risk management. Guidelines*. International Organization for Standardization. Ginebra, ISO.
- [6] Rezzónico, R.; Fernandez, L. (2011). "Management of organizational complexity: the way of learning and adaptability". *Advances in Business-Related Scientific Research Conference 2011 (ABSRC 2011)*. Venecia, Italia.
- [7] Ayala Calvo, J.; Fernández Ortiz, R.; González Menorca, M. (2004). "Capacidades tecnológicas y certificaciones de calidad: aplicación empírica a las pymes familiares de La Rioja". *Cuadernos de Gestión*, vol 4, N° 1, pp 69-82. ISSN: 11316837.
- [8] Hernández, Y.; Lochmüller, C. (2012). "Aplicación de la gestión de riesgos en los principales procesos de una pyme comercializadora". *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, Medellín, Colombia, N° 9, pp 143-165.
- [9] Vera Colina, M. (2006). "Pensamiento complejo en el estudio de las pequeñas y medianas empresas. Propuesta para la discusión". *Tendencias, Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*. Universidad de Nariño, vol VII, n° 2, pp 127-138.
- [10] IERAL (2012). Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana. Estudio IERALPyME: *Pymes industriales con crecientes problemas de competitividad*. Documento de trabajo. Año 18, N° 117. Disponible en http://www.ieral.org/images/db/noticias_archivos/2382-PyMEs%20industriales%20con%20crecientes%20problemas%20de%20competitividad.pdf [Consultado: 5 de enero de 2013].
- [11] Copal (2012). La Argentina lideró la producción de alimentos en siete productos y las exportaciones en ocho. Disponible en http://www.copal.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=616:la-argentina-lidero-la-produccion-de-alimentos-en-siete-productos-y-las-exportaciones-en-ocho&catid=69:noticias-prensa&Itemid=73 [Consultado: 7 de enero de 2013].
- [12] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL (2003). Informe económico y financiero del sector pequeño y mediano. Disponible en <http://www.eclac.org/publicaciones/search.asp?tipDoc=14&desDoc=Informes%20anuales> [Consultado: 5 de octubre 2009].
- [13] Urrutia, S.; Chiodi, F.; Paravié, D.; Jugón, M.; Corres, G. (2007). "Abordaje de la problemática Pyme desde la perspectiva de la gestión integrada". *Sistemas de Gestión empresarial para las Pymes*. XII Jornadas IRAM – Universidad. UNCPBA, Tandil.
- [14] Gennero, A. (2008). "Dinámica de crecimiento de aglomeraciones productivas en la rama textil confecciones: una comparación de las ciudades de Mar del Plata y Pergamino, Argentina".

UNMdP, Facultad de ciencias Económicas y Sociales. Disponible en: **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.** [Consultado: 19 de octubre de 2011].

[15] Formento, H.; Braidot, N.; Pittaluga, J. (2007). "El proceso de mejora continua en PyMEs Argentinas: investigaciones y modelos posibles". *Documentos de trabajo, UNGS*. ISBN 978-987-9300-95-4.

[16] Braidot N.; Formento H.; Nicolini J. (2003). "Desarrollo de una metodología de diagnóstico para empresas PyMEs industriales y de servicio: enfoque basado en los sistemas de administración para la calidad total". *Documentos de trabajo, UNGS*. Disponible en: www.littec.ungs.edu.ar Consultado: abril 2011.

[17] Rubio Bañón, A.; Aragón Sánchez, A. (2002). "Factores explicativos del éxito competitivo. Un estudio empírico de la pyme". *Cuadernos de Gestión, Universidad de Murcia*, Vol 2, N° 1, pp 49-63.

[18] Milesi, D.; Moori, V.; Robert, V.; Yoguel, G. (2007). "Desarrollo de ventajas competitivas: pymes exportadoras exitosas en Argentina, Chile y Colombia". *Revista de la Cepal*, N° 92, pp 25-43.

[19] Crespo Armengol, E. (2006). "Evolución reciente de las exportaciones Pymes en Argentina. Debate para una mejor inserción externa. Documento de proyecto". Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.

[20] Dopazo, M.; Calendario, I. (2011). *Gerencia de riesgos sostenibles y responsabilidad social empresarial en la entidad aseguradora*. Madrid. Instituto de Ciencias del Seguro. Fundación Mapfre. ISBN: 9788498441567.

[21] Martínez García, Cristina (2009). "Gestión integral de riesgos corporativos como fuente de ventaja competitiva: cultura positiva del riesgo y reorganización estructural". Instituto de ciencias del seguro, Fundación Mapfre, Madrid. ISBN: 9788498441567.

[22] Agencia ProCórdoba (2013). *Base de datos de empresas exportadoras de Córdoba*. Disponible en <http://www.exportadoresdecordoba.com/index.asp> [Consultado: 1 de mayo de 2013].

[23] Serra Belenguer, J.; Bugueño, G. (2004). *Gestión de calidad en las pymes agroalimentarias*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 8497057112.

La Gestión de Conocimiento y el Proceso Decisional en Organizaciones

Tolón Estarellas, Pedro; Starkman, Victor; Zogbi, Marcelo

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
pedro.tolon@gmail.com; victor.starkman@gmail.com; marcelozogbi@gmail.com

RESUMEN.

Este trabajo plantea cómo el acervo y desarrollo de Gestión de Conocimiento (Knowledge Management) en una organización facilita la posibilidad de gestionar procesos de toma de Decisión en contextos de interacción de naturaleza compleja y en procesos heurísticos proactivos, para asegurar resultados plausibles (posibles y factibles y admisibles)

Palabras Claves: Sistemas Complejos. Toma de Decisiones. Procesos heurísticos proactivos. Resultados Plausibles.

ABSTRACT

This work proposes how the collection and Development of Knowledge Management in an organization facilitates the possibility of Managing Decision-making processes in interaction contexts of a Complex nature and in proactive heuristic processes, to ensure plausible results possible and feasible and admissible)

Keywords: Complex Systems. Decision Making. Proactive heuristics processes. Plausible results

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La experiencia verificada por especialistas en Desarrollo Organizacional, tanto en el campo académico como en la aplicación profesional, permite afirmar que la carencia de competencias de gestión en los niveles gerenciales y de mandos medios, unida a la falta de visión estratégica de la Dirección superior, provoca ineficiencia en los resultados posibles y falta de competitividad en contextos dinámicos y complejos, tales como los que deben atravesar las organizaciones en los recientes acontecimientos globales disruptivos que han eliminado la percepción de aparente continuidad de condiciones exógenas conocidas por la cultura de las organizaciones.

Se debe gestionar en contextos de incertidumbre.

Algunas organizaciones, han tomado en cuenta la nueva realidad y dedican grandes esfuerzos en la inversión en activos "intangibles", no solo de patentes y marcas, sino en Desarrollo Organizacional, apuntando a nuevas estructuras *redárquicas* (Organizaciones vinculadas en forma virtual o presencial, con redes colaborativas y cooperativas de acción)

Una de los temas clave en cualquier organización es la calidad del proceso de toma de Decisiones y una vez tomada una decisión, la calidad de planear adecuadamente planes de acción para ejecutarla, tanto en el plano estratégico y táctico u operativo. Este artículo analiza que capacidades potencian esta capacidad y finalmente se expone la aplicación de debiera haberse hecho a un proyecto real, y las consecuencias de no haber contado con las calidades de gestión organizacional necesaria.

1.2. Objetivo de este trabajo:

Verificar que la calidad de la gestión de Toma de Decisión y de Análisis de Planes en Organizaciones asegura resultados plausibles si el acervo de conocimiento disponible permite aplicar metodologías y procesos proactivos adecuados.

En este trabajo, el término *plausible* implica la triple condición de que el resultado sea *posible y factible y admisible*

Este trabajo plantea el vínculo conceptual entre el acervo de Gestión de Conocimiento (Knowledge Management) existente en una organización y la posibilidad de gestionar procesos de toma de Decisión y ejecución de Planes de Acción en contextos de naturaleza compleja, que requieren procesos heurísticos proactivos, para asegurar resultados plausibles

La verificación de esa proposición se explicitará con un caso real, la ejecución del Proyecto de Mantenimiento del puente ZBL (Zarate-Brazo Largo), realizado hace 17 años.

2. METODOLOGIAS Y PROCEDIMIENTOS

2.1 La Producción de Conocimiento y su Gestión

2.1.1 De la realidad a la representación posible de la misma.

Escribió Jorge Luis Borges [1]: "*El mapa no es el territorio*". Esta frase sintetiza magistralmente la principal dificultad que presenta el abordaje de la realidad de una organización para poder generar una forma de representación (modelo) que permita explicar su estructura, su dinámica y en ingeniería industrial aplicada, permita actuar sobre ella para lograr resultados eficientes.

Según la Real Academia, "conocimiento" es averiguar por el ejercicio de las facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas.

La Gestión del Conocimiento involucra la combinación sinérgica del tratamiento de datos e información a través de las capacidades de las tecnologías de información, en conjunto con las capacidades de creatividad e innovación de los seres humanos. [2]

La generación y acervo de conocimiento en una organización requiere un proceso heurístico y no isomórfica de abordaje a la realidad percibida. [3].

La Figura 1 representa cómo un conjunto de G variables exógenas y endógenas que explican el estado actual y dinámico de una organización, se reducen, a través de una representación h no isomórfica funcionalmente a una representación o módulo H de la misma. Esto significa que siempre se intentará pasar de G a H , pero será incierto e indeterminado asegurar los resultados de pasar de H a G .

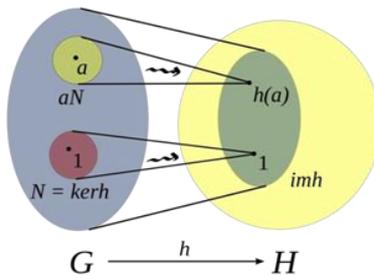


Figura 1: Representación no isomórfica de una Organización

2.1.2 La Calidad de la Adquisición de datos condiciona la calidad de la Gestión de Conocimiento.

La Figura 2 sintetiza el proceso de producción de conocimiento. Puede observarse que la interacción entre el conocimiento público existente (Principios, axiomas, teorías generales) y el explicitar o “desencapsular” el conocimiento privado de expertos, genera procesos heurísticos conducentes a resultados esperados eficientes. Recordar que un proceso heurístico es un conjunto de procesos simples, basados en el sentido común, la experiencia y conocimiento público que permite encontrar buenas soluciones a problemas difíciles. [4]

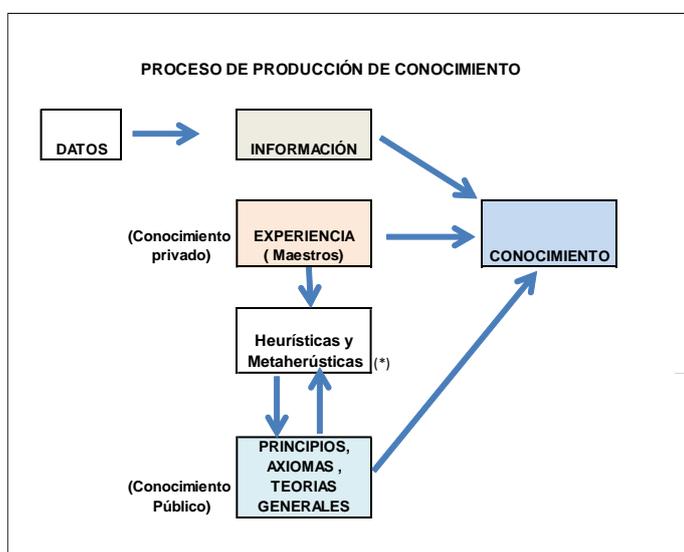


Figura 2: La producción de Conocimiento

La Figura 3 indica el rol esencial que cumple el acervo de conocimiento en una organización: *Gestión de Conocimiento (knowledge Management, KM), Criterios, metodologías y herramientas* que permiten, a través de una adecuada formulación, generar un plan de acción para pasar del estado actual al deseado, con clara definición estratégica de Propósito, Visión, Objetivo y Metas. La Figura 4 indica los 10 pasos críticos en la construcción de Conocimiento y su retroalimentación. [4], [5], [6]

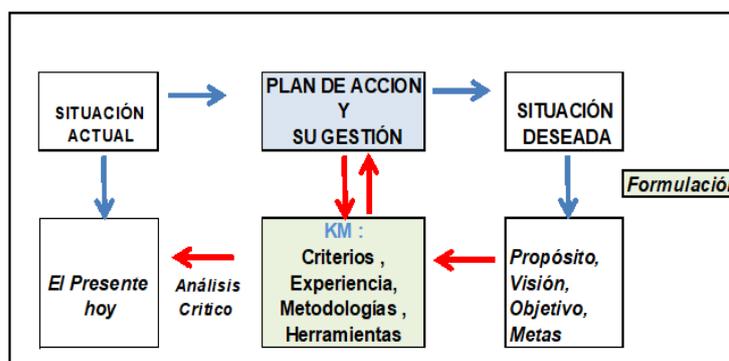


Figura 3: El acervo de conocimiento

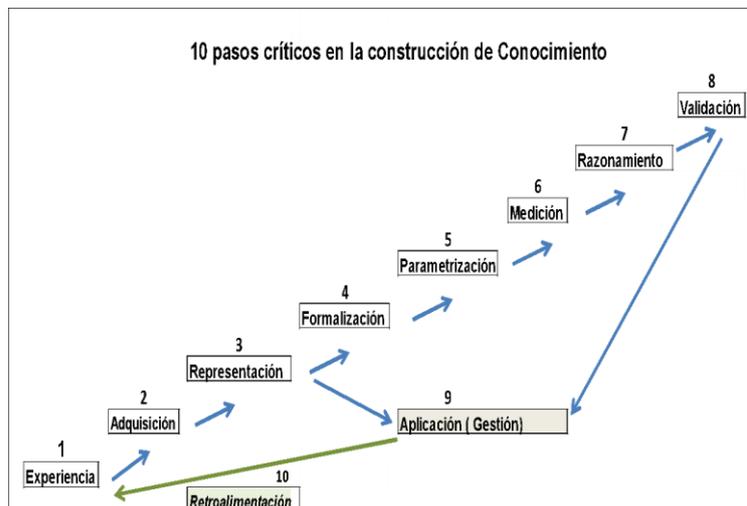


Figura 4: La construcción de Conocimiento

2.1.3 La adquisición de conocimiento

La Adquisición de conocimiento en una organización requiere el uso de metodologías híbridas de tipo cualitativo y cuantitativo. Las Figura 4 y 5 reflejan la complejidad del proceso y en las Tablas 1 y 2 son formatos de encuesta con preguntas estructuradas, construido en base a la experiencia acumulada de que ítems actúan como mejores estímulos o “disparadores” para “desencapsular” el conocimiento privado existente esa organización y cuáles son las falencias autopercebidas y generar un diagnóstico inicial de estado de situación, [6], [7], [8].

En ese ejemplo, realizado con una muestra de 15 funcionarios de Mando Medio de un laboratorio, se destaca como tema crítico el punto 3, la mejor coordinación y control de proyectos.

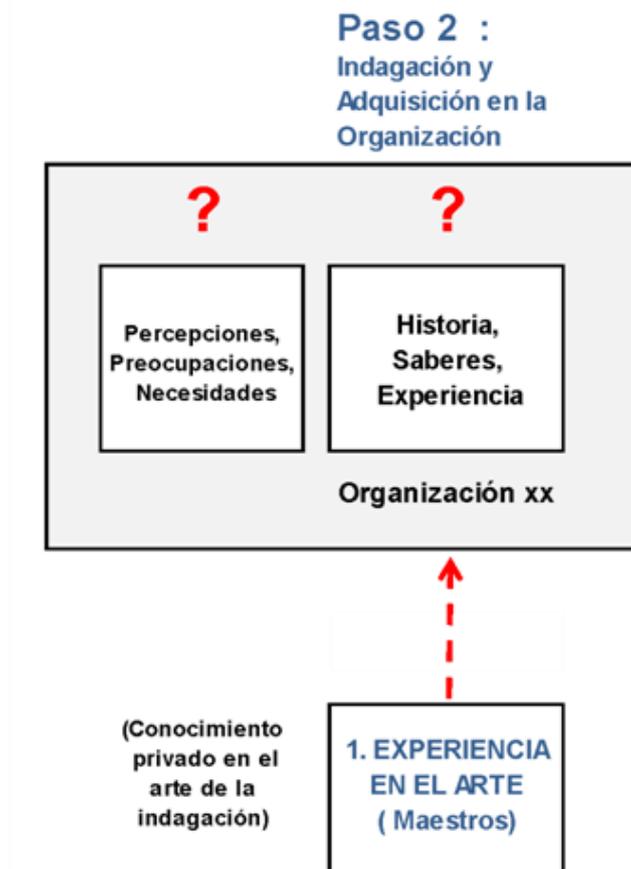


Figura 5: La Indagación y Adquisición de Conocimiento

Tabla1: Formato de Encuesta de Competencias de Gestión de Conocimiento

AS-3 ACTIVIDADES TÍPICAS Y MEJORAS ESPECÍFICAS PARA ALCANZAR MEJORES RESULTADOS					
LABORATORIO SA		2021	muestra	15	
ACTIVIDADES DIRECTIVAS TÍPICAS	MEJORAS ESPECÍFICAS BUSCADAS	GRADO DE IMPORTANCIA			
		ALTA	MEDIA	BAJA	TOTAL
1 Manejo de situaciones y planes enredados o complejos	Elegir con mayor seguridad cursos de acción cuando existen muchas alternativas.		15		3,0
	Trabajar con personal fuera de control directo.	15			5,0
	Mejor coordinación y control de proyecto.	11		4	3,9
	Encontrar más rápido y con mayor seguridad causas de desviaciones.	11	4		4,5
5 Mi propio desempeño frente a la organización y mis superiores	Encontrar soluciones más "creativas".		11	4	2,5
	Conseguir que mis recomendaciones sean aprobadas.	11		4	3,9
	Maximizar el buen uso de mi tiempo	4	11		3,5
	Evitar o minimizar problemas futuros.	11	4		4,5
8 Comunicación	Más fácil establecimiento de objetivos operacionales (standards, niveles de calidad o desempeño, presupuestos).		11	4	2,5
	Mejor redacción de informes, reportes, instrucciones.	11		4	3,9
	Simplificar actividades repetitivas y rutinarias.			4	3,9
	Disminuir actividades repetitivas y rutinarias.	11		4	3,9
13 Trabajar con subordinados	Recabar información con mayor claridad.		11	4	2,5
	Evaluar rápidamente sus recomendaciones de acción.	15			5,0
	Mejorar el manejo de reuniones.		15		3,0
	Mejorar la capacidad de un subordinado para resolver problemas y tomar decisiones.	15			5,0
17 Comunicación	Perfeccionar un lenguaje operativo común, lógico y simplificador.		11	4	2,5
	Incorporar formas visibles y de fácil comprensión a los estilos actuales de trabajo inter-personal/sectorial.		15		3,0
	Indagar otras formas de medir desempeño, evaluación del trabajo no solo de las características personales.		15		3,0
	Analizar las causales estructurales y de desempeño que generan conflictos	15			5,0

Tabla 2: Formato de Diagnóstico preliminar sobre estado de situación actual



2.1.4 De la representación a la Parametrización posible

El proceso indicado en la Figura 6, requiere competencias y metodologías incorporadas en la organización, para asegurar que su aplicación a la gestión de Decisiones o Proyectos. El desafío es explicitar y relacionar el conocimiento "encapsulado" en una organización y "develarlo" para poder formular y representar el caso específico en base a Principios, Axiomas y Teorías Generales

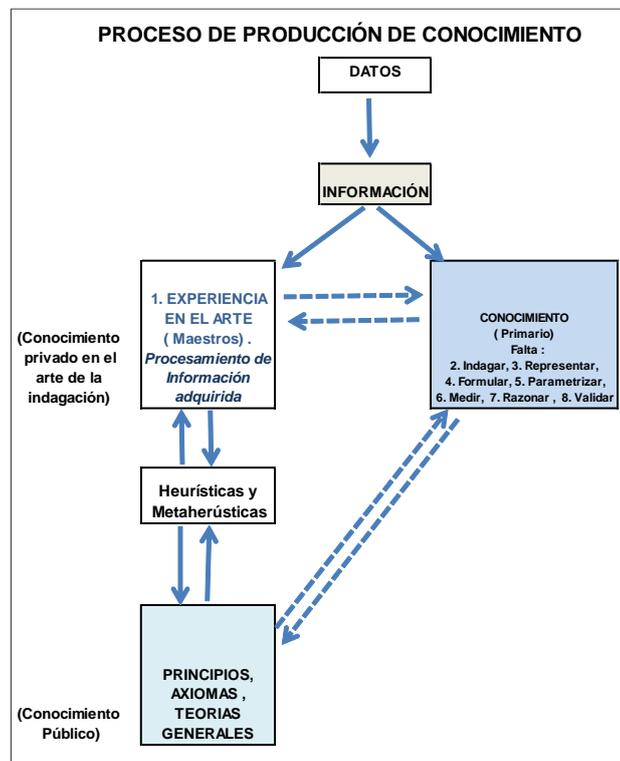


Figura 6: De la indagación a la validación

2.1.5 Niveles de Decisión y capacidades y metodologías necesarias

El nivel de una organización en el cual es esencial asegurar la gestión de conocimiento (KM) es el indicado con niveles II y III en la Tabla 3. En particular, se analizará la importancia de la metodología APP (Análisis de Problemas Potenciales), para el caso de la Gestión eficiente de un proyecto. La Tabla 4 resume situaciones que requieren metodología de Análisis de Decisión con soporte de herramientas matemáticas de Investigación Operativa

Tabla 3: Niveles de Decisión y Metodologías apropiados

	N IVEL	Metodologías e Instrumentos apropiados
I	Alta Dirección (Accionistas, Directores, Socios, Dueños, Mandos superiores y medios de Organismos Públicos)	1. Análisis de Situación 2. Análisis Estratégico y de Escenarios
II Y III	Gerencias Operativas Supervisión y Profesionales expertos	3. PAP-PS/DM (Análisis de Situación. Análisis de Decisión, Análisis de Problemas Potenciales .APP)

Tabla 4: Situaciones de Gestión que requieren Análisis de Decisión en casos complejos

SITUACIONES DE GESTIÓN QUE REQUIEREN METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DECISIÓN (AD)							
Contexto		Variable	Nro de Alternativas	Propósito de la Decisión	Parámetros	Incognitas a resolver	Herramienta apropiada
Deter-minístico	Aleatorio	Continua	Infinitas				
				Elegir Plan de Producción Mensual Óptimo	Coefficientes tecnológicos y restricciones de recursos (Primal)	Cantidades a producir de cada producto	Tablas AD-1 , Programación Matemática (Simplex)
				Elegir lote óptimo de reposición de inventario	Costos de almacenamiento, reorden y adquisición	Lote óptimo	Tablas AD-1 , Modelo de Inventario
				Arquitectura óptima del centro de servicios (Optimizar el Costo Total de Operación)	Tiempos de arribo de pacientes, Tiempos de despacho por canal	cantidad de canales de atención, reingeniería de centro de servicio	Tablas AD-1, Modelo de Filas de Espera y Simulación

La Figura 7 muestra la forma usual (Puntos 1,2, 3, 4) de gestionar un proyecto de cualquier naturaleza

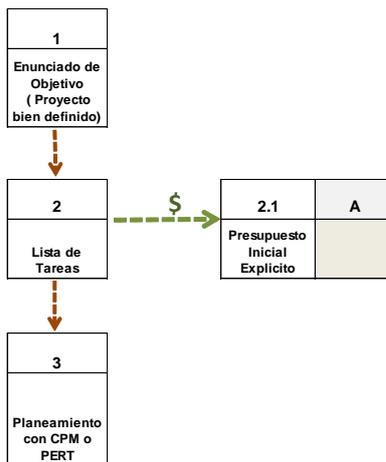


Figura 7: Formulación de un Proyecto y su presupuesto inicial explícito

2.1.6 Metodología de Análisis de Plan (APP)

La metodología del Análisis de Problemas Potenciales (APP) , potencia la gestión de un proyecto introduciendo un pensamiento crítico prospectivo , analizando que desvíos potenciales pueden ocurrir en las tareas críticas , filtrando a través de criterios de Gravedad y probabilidad histórica los desvíos (problemas potenciales) que deben analizarse y detectando, por proceso creativo y heurístico de tormenta de ideas, cuáles son las causas más probables sobre las que deben realizarse acciones preventivas, dando lugar a un Plan Preventivo y un Presupuesto de ese Plan. (Puntos 3 a 11), Figura 8.

Además, esta metodología, obliga a pensar y preparar acciones contingentes, por si aquello que quería evitarse que sucediera (Problemas Potenciales), realmente sucede. El APP exige tener planeadas Acciones Contingentes, que actuarán para disminuir el impacto de la desviación. Para ello es necesario preparar un Plan Contingente, con hitos de control que señalen si la contingencia está sucediendo o no. (Puntos 12 a 14), Figura 8

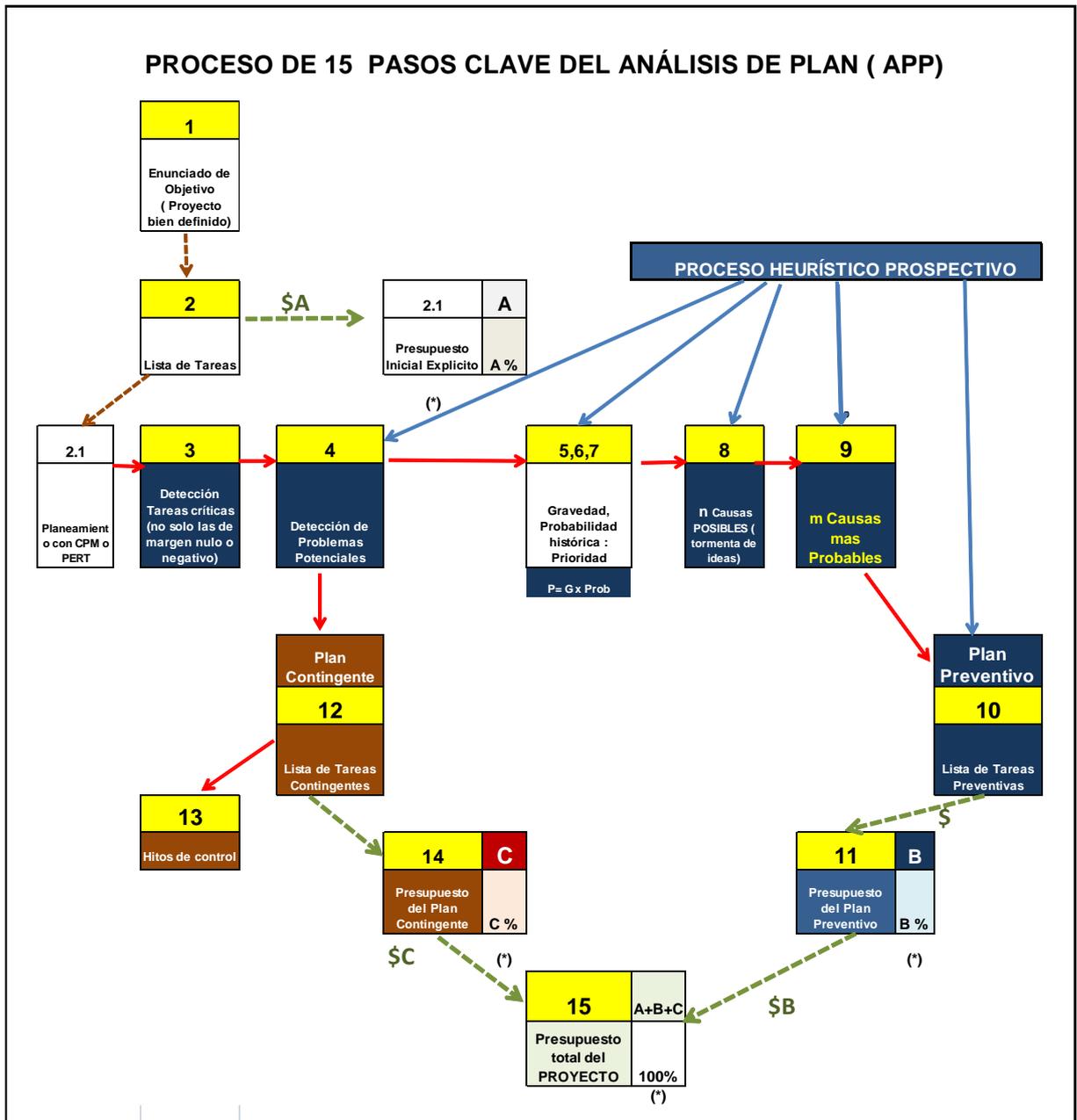


Figura 8: Aplicación de la Metodología de APP (Análisis de Problemas Potenciales)

3. RESULTADOS

3.1 Crónica de lo que sucedió y qué metodología debiera haberse usado para que no hubiera ocurrido lo sucedido.

En 2007, los autores de este trabajo, se reunieron con el Ing. Julián S., quien fue uno de los gerentes que intervino en la obra. De allí surgieron dos informes:

3.1.1. La síntesis de lo sucedido en el proyecto.

3.1.2 La simulación de lo que debiera haberse hecho antes de comenzar el proyecto, aplicando la metodología de gestión APP del proceso PAP-PS/DM ©, con la cual debiera haberse capacitado a los responsables de la Gestión del Proyecto.

3.1.1 Síntesis de lo sucedido (los nombres reales de los agentes intervinientes se mantienen en reserva por razones confidenciales)

- En junio de 2003, el contratista Imprev SA gana la licitación para la ejecución del Proyecto ZBL (Limpieza y Pintado en el Puente Zárate-Brazo Largo). Ver detalle de Objetivo del Proyecto en Figura 9
- El 8 de agosto de 2003 se inician las acciones.
- Durante el transcurso de la obra, hubo:

1. 2 accidentes por choque de vehículos pesados.
 2. 5 operarios gravemente accidentados, por electrocución e impacto de partículas
 3. 2 denuncias realizadas ante autoridades municipales, por contaminación del río con residuos de pintura.
 4. Varias demoras en el avance de obra, por interrupciones ordenadas por el sindicato por demoras en pagos.
 5. Una demora en el tiempo de entrega de obra terminada de 100 días.
- Los egresos no contemplados en el presupuesto original, que se produjeron por los incidentes 1 a 5, fueron de: 250 mil dólares, por Multas, Indemnizaciones y costos legales y 150 mil dólares, Penalización por atraso en cumplimiento de obra de más de tres meses.

ANÁLISIS DE PLAN:	
OBRA : Limpieza y Pintado de la Superficie Exterior del Puente ZBL (Zárate _Brazo Largo, sobre el Río Paraná de las Palmas)	
Comitente : Rio Grande SA	
Contratista : Imprev SA	
Qué	Pintar y limpiar la Superficie del Puente ZBL
Dónde	Tablero Exterior del Puente , ubicado a 50 metros sobre el nivel del río
Cuándo	Antes del 1 de diciembre de 2004 (inicio de Obra : 8 de agosto de 2003) Tiempo total de realización : 450 días
Cuánto	Materiales e insumos : Tablero de 6000 mc . Peso de estructura y adamios : 1300 kg Peso de granalla : 2 Tolvas de 2.500 kg c/u. Peso de personal y equipos : 700 kg Pintura : 60.000 litros Diluyente : 6000 litros Aire comprimido : 21 m. cubicos Presupuesto con que se ganó la licitación : u\$d 1 millón (dólares)

Figura 9: Síntesis del Objetivo del Proyecto ZBL

3.1.2 Qué debería haberse hecho, aplicando metodología APP (PAP-PS/DM)

3.1.2.1: APP, Pasos 1 a 9: Listado de tareas, detección de tareas críticas y de problemas potenciales, en adelante PP Detección de causas más probables que podrían originar los PP se muestra en Figuras 10 y 11.

3.1.2.2: APP, Pasos 9 a 14: Lista de acciones preventivas, contingentes y presupuestos de Plan Preventivo y contingente. Ver Figuras 12 y 13

TAREAS CRÍTICAS Y PROBLEMAS POTENCIALES			
1	3	4	
Enunciado de Objetivo (Proyecto bien definido)	Tareas críticas (no solo las de margen nulo o negativo)	Detección de Problemas Potenciales	
	T1C	Traslado de equipo pesado	PP1 Choque con vehículos
			PP2 Accidente con Operarios
	Ti C	...	Ppi
	T5C	Pintura	PP5 Conflictos sociales y políticos por contaminación
	T9C	Pagos en tiempo y forma	PP5 Demoras indefinidas

Figura 10: Aplicación al proyecto ZBL. Pasos 1 a 4

PROBLEMAS POTENCIALES, CAUSAS MAS PROBABLES				
5	6	7	8	9
Gravedad	Prob. Estimada	Prioridad	n Causas POSIBLES (tormenta de ideas)	r Causas MAS probables (prob).
9	0,6	5,4	C1.1 Inadecuada comunicación en línea	0,9
10	0,7	7	C2.1 Riesgo electrico	0,7
			C2.2 Proyección de partículas	0,6
10	0,8	8	C5.1 Control inadecuado	0,7
9	0,7	6,3	C9.1 Fallas de Administración	0,6

Figura 11: Aplicación al proyecto ZBL. Pasos 4 a 9

CAUSAS MAS PROBABLES Y ACCIONES PREVENTIVAS		
8	9	10
n Causas POSIBLES (tormenta de ideas)	r Causas MAS probables (prob).	Acciones Preventivas
C1.1 Inadecuada comunicación en línea	0,9	AP1.1 Asegurar supervisor de tráfico y Handys
C2.1 Riesgo electrico	0,7	AP2.1 Disyuntores, cumplir normativas ISO 18000
C2.2 Proyección de partículas	0,6	AP2.2 Equipo completo de protección (ISO 18000)
C5.1 Control inadecuado	0,7	AP5.1 Verificación ISO 14000
C9.1 Fallas de Administración	0,6	AP9.1 Control de Flujo financiero
		11 B Presupuest o Plan Preventivo Usd 50 mil

Figura 12: Aplicación al proyecto ZBL. Pasos 8 a 10

ACCIONES CONTINGENTES Y PRESUPUESTO DEL PLAN CONTINGENTE		
4	12	13
Detección de Problemas Potenciales	Lista de Tareas Contingentes	Se definen HITOS de control de aviso de contingencias
PP1 Choque con vehículos	AC1.1 Supervisor de emergencias toma el control y cumple protocolo predefinido	
PP2 Accidente con Operarios	AC1.2 Supervisor de emergencias toma el control y cumple protocolo predefinido	1. Aviso a Dto Seguridad 2. Traslado urgente de heridos a centro de atención ya definido a priori
Ppi		
PP5 Conflictos sociales y politicos por contaminación	AC 5.1 Responsable de RRII y legales toma el control	1. Convoca a comité de crisis con agentes involucrados 2. Convoca a comité de crisis con Administración y Fondo predeterminado para emergencias
PP6 Demoras indefinidas	AC 6.1 Responsable de RRII y legales toma el control	1. Convoca a comité de crisis con agentes involucrados 2. Convoca a comité de crisis con Administración y Fondo predeterminado para emergencias
	14 C Presupuesto del Plan Contingente u\$d 60 mil	

Figura 13: Plan Contingente. Pasos 9 a 14

3. CONCLUSIONES.

3.1. Comparaciones entre el presupuesto real final del Proyecto y el que hubiera sido aplicando metodología APP (PAP-PS/DM)

- Presupuesto inicial del Proyecto (presentado en la licitación): 1 millón de u\$d, Figura 9
- Presupuesto final del Proyecto ex post de 1,4 millones de u\$d, Figura 14.
- Presupuesto final del Proyecto ex ante, con Plan Preventivo y Contingente: 1,13 millones de u\$d, Figura 14

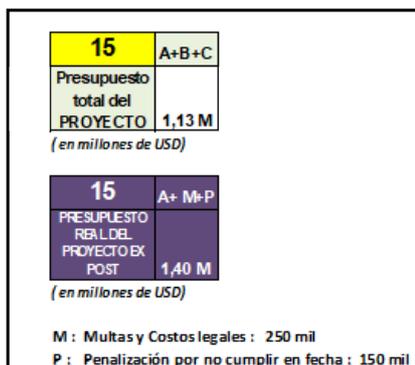


Figura 14: Presupuestos del Proyecto ZBL



Figura 15: Costo de la Falta de Gestión

3.2. Costo de la falta de Gestión Gerencial Eficiente del Proyecto

El costo de la falta de KM en el proyecto está expresado en Figura 15, y en (1)

$$(A+M+P) - (A+B+C) = 270 \text{ mil u}\$s \quad (1)$$

3.3. Conclusiones finales:

Este caso y su análisis plantean:

3.3.1 ¿Cómo debiera haberse gestionado el Proyecto ZBL por la empresa contratista?

Utilizando adecuado Acervo de Capacidad de Gestión (KM), usando metodologías de Análisis de Decisión (AD), Tabla 3, en el acopio de recursos tangibles e intangibles esenciales y de Análisis de Problemas Potenciales (APP), Figura 8, en forma sistemática. El presupuesto Real de resultado ex post plausible, hubiera sido de

$$A - B - C = 1 \text{ Millón u}\$d - 0,13 \text{ Millón de u}\$d = 870 \text{ mil u}\$d \quad (2)$$

3.3.2 ¿Cuál fue el resultado real final del Proyecto ZBL para la empresa contratista?

$$A - M - P = 1 \text{ millón u}\$d - 0,40 \text{ Millón de u}\$d = 600 \text{ mil u}\$d \quad (3)$$

3.3.3 ¿Cuál fue el Costo de la carencia de Gestión de Conocimiento (KM)?

La Figura 15 sintetiza esta respuesta, que surge de

$$(A-M-P) - (A-B-C) = 270 \text{ mil u}\$d \quad (4)$$

Se concluye, con la verificación de un caso real, que la falta de capital humano en mandos superiores y medios (Tabla 3), tanto en el planteo estratégico como el operativo, conduce a una organización a ineficiencias y en contextos complejos y de alta competencia, a la pérdida potencial de posicionamiento y rentabilidad en los negocios que esté encarando sin un cambio profundo de cultura organizacional. (Los nombres de la empresa contratista del Proyecto ZBL y sus agentes son ficticios, para mantener la confidencialidad)

“No hay buenos vientos para el que no sabe hacia dónde navegar y no tiene su tripulación entrenada para cualquier viento posible ”

4. REFERENCIAS.

[1] Borges, J.L. (1977) " El libro de Arena", Ed. Alianza, Madrid

[2] Yogesh Malhotra (2001), Knowledge Management and Business *Model Idea Group Pub*, N. York

[3] Tversky, Kahneman, (1974) "Juicio Bajo Incertidumbre: Heurística y Prejuicios", Ed. R. Science, N. York

[4] Kepner & Tregoe, 2010, "El Directivo Racional", El Ateneo, Buenos Aires

[5] Tolón Estarellas, P; Sagula, J; (2007); "Modelo Decisional Proactivo en Sistemas Ecológicos ", Revista de Ingeniería Industrial, Año 6 N° 1, Segundo Semestre 2007; Departamento de Ing. Industrial de Universidad del Biobío, Chile. ISSN 0717-9103

[6] Alcamo, J (2001). "Scenarios as tools for international environmental assessment ". European Environment Agency.Copenhagen.

[7] Benjamin B. Tregoe and John W. Zimmerman, 2010. "Top management strategy", Simon & Schuster, New York.

[8] PriceWaterhouseCooper (2013) [Es.escribd.com/doc/1680040206/La- Gerencia-de-la- Gente - del- Mañana](http://Es.escribd.com/doc/1680040206/La-Gerencia-de-la-Gente-del-Mañana)

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a:

1. Sus familias
2. Las autoridades y colegas docentes de la EGIDE (Escuela de Graduados de Ingeniería de Dirección Empresaria, Facultad de Ingeniería, UBA, que dieron su apoyo a la elaboración de este artículo.

La articulación organizacional pública y privada: Caso de estudio: La red CARICET para la certificación de especialidades técnicas en la Universidad Tecnológica Nacional

Carrizo, Nancy; Castelló, Gonzalo; Falcón, Manuel

Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional.
San Martín 1170, CP (2804), Campana, Buenos Aires, Argentina. carrizon@frd.utn.edu.ar,
gcastello@frd.utn.edu.ar; manufalcon_12@hotmail.com

RESUMEN

La ponencia propone analizar y describir el funcionamiento de la red CARICET del Programa de certificación de especialidades técnicas (oficios) de la Universidad Tecnológica Nacional en el período 2009-2019, utilizando como línea teórica la de "sociedad red y el nuevo paradigma comunicacional". Esta nueva forma de entender el funcionamiento de la sociedad se basa en el fenómeno de la globalización, el cual se ha ido desarrollando gracias a internet. El trabajo de investigación se centra sobre el campo de las redes institucionales conformadas a partir de este programa en la red mencionada y los diferentes actores sociales que participan en la misma. El marco de análisis de la articulación organizacional de las esferas pública y privada, en este caso universidad- empresas- Estado, será muy enriquecedor desde varias perspectivas.

Es una complejización del proyecto "Trayectorias Laborales y Certificación de Oficios" que se circunscribió a la Facultad Regional Delta, pionera de este programa. Se pretende determinar, en ese sentido, como los términos "sociabilidad" o "transferencia", devienen en fundamentales para problematizar los usos de sentido común de la palabra "red social" que se pretendió formar a partir de un caso de éxito como fue el de la UTN FRD y la incorporación paulatina de las demás regionales hasta la conformación del CARICET y si el funcionamiento resulta exitoso o no a los fines propuestos inicialmente, éste será el camino que marcará la investigación. En cuanto a la estrategia metodológica se utilizará un principalmente un enfoque cualitativo, las fuentes recolección de datos serán entrevistas a diferentes actores de la red CARICET, encuestas, observaciones grupales.

Palabras Claves: Sociedad Red, CARICET, Certificación de Oficios UTN

ABSTRACT

The presentation proposes to analyze and describe the operation of the CARICET network of the Certification Program for technical specialties (trades) of the National Technological University in the period 2009-2019, using the "network society and the new communication paradigm" as a theoretical line. This new way of understanding the functioning of society is based on the phenomenon of globalization, which has been developing thanks to the internet. The research work focuses on the field of institutional networks formed from this program in the aforementioned network and the different social actors that participate in it. The framework for analyzing the organizational articulation of the public and private spheres, in this case university-companies-State, will be very enriching from various perspectives.

It is a complexity of the project "Labor Trajectories and Certification of Trades" that was limited to the Delta Regional College, pioneer of this program. It is intended to determine, in that sense, how the terms "sociability" or "transfer" become fundamental to problematize the common sense uses of the word "social network" that was intended to form from a success story such as the of the UTN FRD and the gradual incorporation of the other regionals until the formation of CARICET and if the operation is successful or not for the purposes initially proposed, this will be the path that the investigation will mark. Regarding the methodological strategy, a mainly qualitative approach will be used, the data collection sources will be interviews with different actors of the CARICET network, surveys, group observations.

Keywords: Network society, CARICET, Certification of Trades

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación propone analizar y describir el funcionamiento de la red CARICET, sus siglas significan "Comité Asesor de Representantes Interregionales de Certificación de Especialidades Técnicas" de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) en el período 2009-2019, utilizando como concepto rector el de "sociedad red y el nuevo paradigma comunicacional". En la sociedad red la realidad está construida por redes de información que procesan, almacenan y transmiten información sin restricciones de distancia, tiempo ni volumen. Esta nueva forma de entender el funcionamiento de la sociedad se basa en el fenómeno de la globalización, el cual se ha desarrollado gracias a internet.

El trabajo de investigación se centrará sobre el campo las redes institucionales conformadas a partir de este programa en la red mencionada y los diferentes actores sociales que participan en la misma. Es una ampliación de estudio de un proyecto denominado "Trayectorias Laborales y Certificación de Oficios" que se circunscribió a la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Delta (UTN FRD), pionera de este programa. El trabajo pretende determinar, en ese sentido, cómo los términos sociabilidad o transferencia, devienen en fundamentales para problematizar los usos de sentido común de la palabra red, que se pretendió formar a partir de un caso de éxito como fue el de la UTN FRD y la incorporación paulatina de las demás Facultades Regionales hasta la conformación del CARICET. Si el funcionamiento resulta exitoso de acuerdo a los fines propuestos inicialmente y si así no lo fuera cuáles podrían ser las mejoras a implementar, será el camino que marcará la investigación.

En cuanto a la estrategia metodológica se plantea un enfoque mixto para este trabajo de investigación, con mayor énfasis en la utilización de un enfoque cualitativo con la intención de comprender las estrategias y representaciones de todos los actores sociales que participan de la red. Para ello se realizarán entrevistas semiestructuradas en tres capas o niveles de actuación, uno estratégico, a los responsables del Programa en cada Facultad Regional; otro administrativo, a quienes operan el proceso de certificación de oficios en cada Regional de la red CARICET y finalmente el operativo, a los instructores y participantes. El orden hace referencia a poder contar con los relatos y vivencias de todos los actores que integran la red y participan de este proceso de certificación de especialidades técnicas u oficios cada cual desde su óptica y el marco que potenció esta decisión (demandas del mercado y el rol de la universidad como promotor/colaborador). El método cuantitativo se utilizará con la finalidad de contextualizar la investigación y su evolución en el recorte temporal seleccionado, contando con información proporcionada por los administradores de la base de datos del Sistema Integrado de Gestión de la red CARICET.

La contribución esperada es demostrar que la conformación de la red CARICET aprovecha la distribución estratégica de las Facultades Regionales de la UTN (nodos de la red) realizando un trabajo mancomunado que excede los intereses particulares de las regionales. Además, abre un camino para utilizar las sinergias en pos de realizar un trabajo conjunto y de cooperación para fortalecer los nexos de los nodos de la red CARICET, esto es fundamental para lograr avances significativos que individualmente serían más difíciles. Se espera que la red se fortalezca mediante un sistema de certificación de especialidades técnicas homologado externamente a la UTN e incorpore nuevas Facultades Regionales siempre y cuando éstas respondan a una demanda territorial insatisfecha. Cabe destacar que lo que se presentará en la ponencia es un avance del proyecto de investigación.

1.1. Objetivos de la investigación

Con la finalidad de trabajar en los tres planos propuestos se determinó el objetivo general y los tres objetivos específicos que serán los siguientes:

1.1.1 Objetivo general

Analizar y describir el funcionamiento de la red CARICET del Programa de Certificaciones de especialidades técnicas de la Universidad Tecnológica Nacional en el período 2009-2019, utilizando como concepto rector el de sociedad red y el nuevo paradigma comunicacional.

1.1.2. Objetivos específicos

1.1.2.1. Determinar las formas del diálogo social de los actores multisectoriales para el diseño, el desarrollo y la implementación en RED del sistema de Certificación de oficios en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) a través de la mirada de los actores estratégicos de la red.

1.1.2.2. Identificar los modos de implementación, desarrollo y fortalecimiento del dispositivo de la certificación de especialidades técnicas en la Red CARICET de la Universidad Tecnológica Nacional a través de la mirada de los actores internos de las Facultades regionales que forman parte de esta.

1.1.2.3. Identificar en el proceso de certificación de especialidades técnicas cómo operan los nuevos espacios áulicos y el taller en la universidad para las personas que se presentan a certificar su oficio y el futuro del trabajo.

1.2. Indagaciones preliminares

Uno de los temas importantes en la actualidad respecto al trabajo, aparte de la preocupación que existe sobre cómo adquiere el trabajador las competencias necesarias para hacer frente a las transformaciones del mundo del trabajo, es la certificación de éstas. Son varias las aristas que justifican la certificación de dichas competencias y está convirtiéndose en uno de los temas centrales del debate en el ámbito de la formación y el trabajo a nivel mundial. Desde los años 80's en la región se sentían las demandas para establecer procesos que permitieran evaluar y reconocer las competencias, adquiridas durante la vida laboral o por su propia cuenta y no en un ambiente educativo o formativo. Como señala Bertrand [1], "todos los países comparten la preocupación por la calidad y la eficacia de la formación, por su transparencia y adaptación a las nuevas exigencias de las economías y necesidades de los adultos en un mundo en constante evolución".

El Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional (Cinterfor) es un servicio técnico de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), creado en 1963, establecido en Montevideo, Uruguay. Según el director de la OIT/Cinterfor [2] "la certificación fue asociada en sus inicios a una vía para complementar la formación en sí misma, al permitir que se identificaran las capacidades ya demostradas en un perfil y se formara solamente en las partes o módulos que aún no fuesen aprobados en las evaluaciones. Este enfoque pronto pasó a representar un concepto de valorización de las ocupaciones y desde finales del siglo XX a ser considerado parte del camino ininterrumpido de la formación a lo largo de la vida".

La OIT ha estado impulsando desde siempre, no solo la formación y el desarrollo de competencias, sino también los procesos de reconocimiento de aprendizajes previos. La definición adoptada por OIT/Cinterfor entiende la certificación como el "reconocimiento formal de las calificaciones ocupacionales de los trabajadores independientemente de la forma como hayan sido adquiridas". La Recomendación 195 (2004) exhortó a "adoptar medidas, en consulta con los interlocutores sociales y basándose en un marco nacional de cualificaciones, para promover el desarrollo, la aplicación y el financiamiento de un mecanismo transparente de evaluación, certificación y reconocimiento de las aptitudes profesionales, incluidos el aprendizaje y la experiencia previos, cualquiera que sea el país en el que se obtuvieren e independientemente de que se hubiesen adquirido de manera formal o no formal" [3].

Se puede entonces identificar una doble dimensión en la certificación, por una parte, su innegable papel como instrumento de reconocimiento de capacidades y competencias y, por la otra su potencial como facilitador del mejoramiento de las condiciones de trabajo. En cuanto a la primera, se ha avanzado en la identificación de perfiles de competencia y su normalización. Por esta razón, el reconocimiento que la certificación de competencias otorga, mejora las condiciones de empleabilidad e incrementa el nivel de ingresos para el trabajador. Cabe destacar entre otros aspectos que genera una mejor calidad en el desempeño laboral que incide en variables como la productividad del trabajo y la competitividad de las empresas.

El bajo nivel de educación y de desarrollo de competencias, que es típico en la economía informal, suele generar lo que muchos han llamado la "herencia" del primer empleo, una suerte de círculo vicioso de baja productividad, bajos salarios y malas condiciones de trabajo que atrapa a los trabajadores del sector informal una vez inician su experiencia y tiende a hacerlos permanecer en la informalidad. Como una forma de solución, la disposición de mecanismos de certificación de los aprendizajes previos es útil, no tanto como filtro de selección, sino como motor de promoción y motivación para adquirir nuevas competencias. De eso trata la filosofía de la formación a lo largo de la vida y es en ese punto en el que los sistemas de certificación están facilitando nuevas formas de acceso a los certificados y las cualificaciones formales. La situación en América Latina y el Caribe es la siguiente:

- A nivel país: Organismos tripartitos nacionales; Experiencias sectoriales; Instituciones de formación profesional y Empresas.

- Certificaciones y Marcos regionales: Chile Valora; Conocer México; INA Costa Rica; SENA Más Trabajo Colombia.

Otras experiencias impulsadas por:

- Instituciones de Formación Profesional: INFOTEP (República Dominicana); INSAFORP (El Salvador); INTECAP (Guatemala), INATEC (Nicaragua), INADEH (Panamá); CETP/UTU. DINAE-MTSS (Uruguay).

- Ministerios de Educación o Trabajo: Sistema Nacional de Formación Continua (Argentina); ME Sistema plurinacional de certificación (Bolivia); Valora Perú. MT (Perú) [4]

La visión que OIT/Cinterfor tiene sobre esta práctica en las instituciones de formación es la de su integración a mediano plazo con la oferta formativa y con la oferta de la educación formal. En este sentido es de gran ayuda la tendencia hacia el diseño e implementación de marcos de cualificaciones. Los marcos facilitan la comprensión de los distintos niveles y descripciones de las ocupaciones, así como la movilidad y equivalencia entre distintos niveles. A más largo plazo, la homologación de certificaciones- como ya está ocurriendo en una experiencia entre Argentina y Chile en la Construcción- facilitará que aprender a lo largo de la vida sea independiente del país en el que se resida [3].

Irigoin y Vargas [5] definen la certificación de competencias “como el reconocimiento público, formal y temporal de la capacidad laboral demostrada por un trabajador, efectuado con base en la evaluación de sus competencias en relación con la norma y sin estar sujeto a la culminación de un proceso educativo”. En el caso del Programa de Certificación de especialidades técnicas, un organismo de tercera parte (en este caso UTN) reconoce y testifica que una persona es competente para desempeñar un determinado oficio de acuerdo a “las reglas del buen arte”. Esto lo hace, en conformidad a un diseño curricular del oficio definido entre las partes interesadas (facultades, empresas, comunidad, sindicatos, cámaras, etc.), lográndose de este modo un estándar de calidad. Por cada ocupación, se elabora un diseño curricular que establece cuáles son las competencias y conocimientos que un trabajador debe cumplir para certificar su oficio, de acuerdo a la Norma ISO 17024 “Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los organismos de certificación de personas”.

El concepto de sociedad red será la línea teórica sobre la que se trabajará principalmente en esta investigación está conformada por una estructura social, compuesta por redes activadas por tecnologías digitales de la comunicación y la información basadas en la microelectrónica, es decir, en los procesos que se llegan a aplicar a una secuencia para el resultado final. La estructura social es el acuerdo organizativo del humano en la relación con la producción, el consumo, la reproducción, la experiencia y al poder expresados mediante la comunicación significativa codificada por la cultura. Esta estructura social es propia de este momento histórico, es el resultado de la interacción entre el paradigma tecnológico basado en la revolución digital y determinados cambios socioculturales. Castells [6] denomina esta primera dimensión acerca de los cambios “sociedad egocéntrica”, o, en términos sociológicos, el proceso de individualización. Se trata de una reinterpretación de las relaciones, incluidos los sólidos lazos culturales y personales que podrían considerarse una forma de vida comunitaria sobre la base de intereses, valores y proyectos individuales, este concepto se trabajará adaptándolo a las relaciones que se generan en esta red CARICET entre las facultades, la cooperación que se establece y la formación de una cultura de trabajo.

El informacionalismo es un paradigma tecnológico, concierne a la tecnología, no a la organización social ni a las instituciones, proporciona la base para un determinado tipo de estructura social denominado “sociedad red”, en este caso el Sistema Integrado de Gestión permitió una única base de datos, una sistematización de la información de todo el sistema de certificación. Sin el informacionalismo, la sociedad red no podría existir, pero esta nueva estructura social no es producto de este sino de un patrón más amplio de evolución social [6]. Otros autores enriquecerán con sus teorías y conceptos este trabajo algunos serán Habermas, Bourdieu, Giddens, Luhmann, Latour y Callon y autores locales para abordar la incidencia social y económica de la construcción de redes sociales de trabajo, además la importancia del capital social y cultural que se genera en las sociedades en las que desarrollan sus actividades los trabajadores.

El proceso de vinculación tecnológica es de suma importancia mencionarlo en este contexto de la investigación, se puede definir como un proceso a través de cual se relacionan dos organizaciones, con el objetivo de llevar adelante la transferencia de un conocimiento o una tecnología; desde una institución científico tecnológica, a otra, que lo va a poner en práctica, perteneciente al sistema socio-productivo.

El rol de las universidades en el contexto global ha ido evolucionando, incorporando cada vez más funciones a sus actividades nucleares: la enseñanza y la investigación –consideradas frecuentemente como primera y segunda misión respectivamente. Se le sumó la responsabilidad de construir y sostener un vínculo virtuoso con el entorno, que fuera interpretado por las universidades latinoamericanas en dos vertientes: la de la extensión universitaria, con objetivos más sociales o culturales. Además, la de la vinculación y transferencia tecnológica, que buscaba impulsar el desarrollo y la dinámica de innovación local, a través de impulsar transacciones de conocimientos, capacidades y tecnologías con otros actores del medio socio-productivo.

De esta manera, la universidad se inserta en una dinámica de intercambio local, poniendo a disposición del entorno sus capacidades técnicas, de investigación y de desarrollo. Si se entiende que los cambios innovadores son el resultado de la aplicación de nuevos conocimientos y/o tecnologías, es evidente que estos resultados no solo pueden ser desarrollados por las empresas de manera internas, sino también pueden ser el resultado de la colaboración entre organizaciones, a través de cooperación en el desarrollo, servicios profesionales o la transferencia de tecnologías específicas, entre otras opciones.

La relación que debía existir entre la academia, la industria y el Estado, fue estudiada y plasmada a través del modelo que se conoce como Triángulo de Sabato [8] a principios de los 70's. Este modelo, planteaba que la conformación de un sistema científico – tecnológico, respondía a la posibilidad de articular la relación entre el Estado, la infraestructura científico-tecnológica y el sector productivo. En este esquema, el Estado tenía la función de diseñar y ejecutar de la política y el sector productivo, la de asimilar el conocimiento generado por la infraestructura científico-tecnológica y explotar un nuevo desarrollo, introduciéndolo en el proceso productivo como tecnología.

El estudio de los sistemas de innovación basados en gestión del conocimiento, dio lugar al surgimiento del modelo de triple hélice [9], a través del cual se describen las interacciones dinámicas entre la universidad, la industria y el estado, como las bases para el acceso al desarrollo económico. El modelo de triple hélice ubica a la universidad como centro, con actividades de investigación y desarrollo basadas en principios académicos; a la industria como proveedora de demanda de los clientes sobre la base de sus actividades comerciales, así como la investigación y desarrollo para generar nuevas oportunidades de negocio; y al gobierno como gestor de las condiciones políticas y el marco regulador apropiado para generar entornos de crecimiento. La integración de estos tres actores yace en el corazón del sistema de triple hélice, que idealmente incrementará el traspaso de conocimientos en una región, aumentando así, las ventajas competitivas del desarrollo económico ya sea regional o nacional.

1.3. Justificación de la investigación

Por las aristas analizadas en las indagaciones preliminares es un tema que merece estudio y exploración, la selección del mismo consiste en analizar y describir el funcionamiento de la red CARICET a partir de las características del nuevo paradigma para acuñar, no ya la noción de sociedad de la información, sino la de era informacional, con internet como fundamento principal a este nuevo modo de organización social en esferas tan dispares como las relaciones interpersonales, las formas laborales o los modos de construir la identidad propia. La forma en que el diálogo social de actores multisectoriales logra articular y poner en marcha un sistema de certificación de especialidades técnicas, donde cada nodo (Facultad Regional) de la red se encuentre, satisfaga las necesidades territoriales e individuales de los diferentes actores destacando a los trabajadores y sus saberes productivos sin los cuales no tendría existencia dicho dispositivo.

2. DESARROLLO

2.1. La génesis del programa de certificación de especialidades técnicas en la UTN: el primer nodo de la red en la UTN Facultad Regional Delta

El Programa certificación de oficios fue implementado en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta (UTN FRD) en el año 2003, a partir de una iniciativa que se trabajó en comités locales desde el año 2000, tratando de dar respuestas a demandas regionales sobre todo de las empresas de la región, entre las cuales se destacaba la necesidad de contar con personas calificadas en oficios. Esta demanda estaba fuertemente asociada al proceso de crisis económica que había atravesado el país, a la desindustrialización, a la falta de obras en el país y a su incipiente recuperación en esos años.

La Facultad Regional Delta se encuentra en la localidad de Campana, provincia de Buenos Aires, en un polo industrial importante, su área de influencia excede a esta ciudad e involucra a sus alrededores por ejemplo a las ciudades de Zárate y Pilar, en ésta última, se encuentra uno de los parques industriales más importante de Latinoamérica. En la actualidad también en Pilar hay una sede de la FRD donde se dictan carreras, posgrados y se atienden las demandas de las empresas del parque industrial. Con la finalidad de entender cómo surge la demanda de un sistema de certificación de especialidades técnicas (oficios), vale la pena realizar una breve descripción de la región. El Observatorio Regional de Pymes (Pequeñas y Medianas empresas) Delta en el año 2006 indica que el territorio goza de una ubicación geográfica excelente debido a su proximidad a los dos principales centros de consumo y producción de Argentina: Capital Federal y Gran Buenos Aires, y la Ciudad de Rosario junto con su cinturón urbano.

Todos los indicadores de buen desempeño de las pymes de esta micro-región relevados se destacaron nítidamente por sobre las del resto del país, así como también aparecieron exacerbados, algunos de los principales problemas estructurales que enfrentaba el desarrollo industrial argentino, en especial la escasez de recursos humanos calificados. Una característica bien clara, es la localización de grandes establecimientos industriales, particularmente en Campana, Zárate y Pilar. El rasgo más destacable, sin duda, es el dinamismo de las pymes de la micro-región Delta, que crecían tanto en ocupación como en ventas a ritmos que casi duplicaban los del resto del país [10].

En ese contexto surgieron nuevas pymes, que aumentaron su personal e incrementaron el nivel de exportaciones. Esas empresas sufrieron las consecuencias de las políticas económicas de la década de los años 90 y la crisis del año 2001; la evolución de la tasa de desocupación de la población económicamente activa que, en 2002 fue un récord. Si a esto se le suma los años en los que en Argentina no se hicieron obras- fuente natural de generación de oficios- es entendible que desaparecieran del sector industrial. Además, la contratación de la mano de obra estaba centrada en los costos y no en la calidad, más que nada por no contar con herramientas para medirla, esto provocó que las empresas contrataran el personal al menor costo posible.

Esta combinación de bajos salarios y el predominio de personal sin oficios, trajo como consecuencia los resultados indeseados que fueron tareas de mala calidad, altos índices de incidentes y accidentes en las paradas de plantas programadas, llevadas a cabo por personal de empresas contratistas en las grandes empresas. En este marco, las grandes empresas (comitentes) de la región pretendieron que las pymes (generalmente contratistas) contrataran a personal

calificado, con el objetivo de mantener a los equipos y procesos productivos funcionando sin fallas. Para ello, algunas de las empresas grandes incluso mejoraron el valor horario de los contratos, para evitar las tareas de mala calidad, re trabajos y bajar los índices de accidentes e incidentes. El resultado de estas acciones fue, que en la mayoría de los casos las pymes no respondieron como se esperaba, no mejoraron los salarios de sus empleados, no invirtieron en capacitación y selección de su personal [11].

A la vista de este diagnóstico, se detectó la necesidad de contar con un instrumento para validar las calificaciones de los trabajadores. Una de las soluciones encontradas fue la propuesta tecnológica realizada por la Dirección de Vinculación Tecnológica de la UTN FRD. Dicha Dirección, dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria, propuso el desarrollo de un Sistema de Certificación de Especialidades Técnicas u Oficios en el cual la Facultad jugó un rol protagónico, que no hubiese sido posible sin la demanda de la empresa TENARIS SIDERCA que fue la primera que se acercó y a la que luego se sumó la refinería ESSO.

Esta búsqueda de articulación vía la complementariedad, intenta darle mayor racionalidad a la diversidad de acciones que dependen de diversos organismos y que son signadas por objetivos comunes, generalmente embanderados en los temas de: generación de empleo de calidad, competitividad-calidad, gestión del talento humano, condiciones y medio ambiente de trabajo, incluso el de la misma formación profesional. Estos objetivos presuponen funciones y actividades que cada uno de ellos desarrolla y que, en algunos casos, a veces con frecuencia, se vinculan al desarrollo de acciones formativas destinadas a los trabajadores para su cumplimiento [12]. Este concepto de articulación es claro a los fines de esta propuesta, si bien como se enunciara el objetivo de la certificación, cuestión que tendría a cargo la UTN FRD, no incluía la capacitación de los trabajadores, pero si generaría un circuito donde esto tendría lugar necesariamente para favorecer la inclusión social de los trabajadores con oficios.

En búsqueda de la mencionada articulación se dan políticas de educación, empleo, empresariales, sindicales, de desarrollo local pero este conjunto de funciones y acciones desarrolladas por organismos y actores diversos se desarrollan, en general de manera tabicada desconociendo y aislándose. Esta situación genera duplicación de esfuerzos y de inversiones que no alcanzan a impactar en los objetivos que de manera aislada se proponen. De allí la importancia de encontrar un punto común para, desde su diferenciación iniciar un proceso de articulación dinámico que les permita adecuarse a los cambios permanentes que vive el mundo del trabajo y a las necesidades de las poblaciones que atienden.

La autora considera dos puntos a tener en cuenta para tal fin, el primero, que se requiere cada vez más pensar en procesos de sistematización de proyectos, programas y políticas que constituyan sistemas abiertos. Esto se requiere para la adaptación a los cambios tecnológicos y organizacionales que llegaron para instalarse, que moldearán la organización empresarial. El segundo punto, de centralidad a los fines de esta investigación, los procesos de tercerización empresarial y de descentralización productiva. La generación de una red de proveedores que se consolide como cadena de valor implica superar la lógica exclusivamente sectorial en el abordaje de las temáticas referida a la formación de trabajadores. Nuevos consensos dinámicos, superación de tensiones, búsqueda de alianzas estratégicas son perspectivas que conllevan rupturas en las modalidades tradicionales del abordaje de la temática son los desafíos que afrontar [12].

Con la finalidad de crear un ámbito en el que participen todas las partes interesadas en la certificación, se formó un comité abierto, denominado CARI (Comité Asesor Regional Inter empresarial), integrado por las empresas comitentes, las empresas contratistas, y la UTN FRD. Los actores de la facultad que participaron del proyecto fueron: La Secretaría de Extensión Universitaria, Ciencia y Tecnología y los Departamentos de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica. Por parte de las empresas, se convocó a los responsables de mantenimiento, ya que son quienes reciben el "impacto" directo de la calidad de la mano de obra que contratan y quienes trajeron el problema a la facultad, a las empresas contratistas, a las personas interesadas en participar del proceso de certificación y a los sindicatos. Quien escribe tuvo la oportunidad de vivenciar el proceso de conformación del primer CARI en la Regional Delta por trabajar directamente en la secretaría donde se gestó el Programa y luego realizar entrevistas a los diferentes actores, fue una experiencia única que luego puede replicarse en las demás Facultades Regionales con mayor o menor éxito, pero es clave para la fundación del programa en cada Regional, que cada una contara con su CARI local.

La UTN FRD junto a las empresas que con sus bases de datos permitieron desarrollar el banco de preguntas para los diferentes oficios que se desarrollaron fueron dando marco al sistema de certificación tanto para los trabajadores como para sus empleadores y la red institucional que se formó y que luego fue transferida a otras facultades regionales de la UTN, en las cuales el dispositivo tomó características de la región, formando una red llamada CARICET en el año 2009. Respecto a la tensión entre la homologación y la especificidad en un proceso de contextualización institucional que se ajuste a las demandas territoriales por un lado y replicar el modelo de certificación adoptado por UTN por el otro, hay consensos adoptados. Para las certificaciones a medida de la demanda territorial, la adaptación de un oficio existente o el desarrollo de un nuevo que puede ser de utilidad para otra Facultad Regional se pone a disposición en el Sistema. Los oficios resultantes pueden

quedar dentro y fuera de la red, para que queden dentro de la misma deben cumplir con la estructura de oficio para ser homologado CARICET. No todas las Facultades Regionales tienen los oficios homologados por CARICET, siempre la propuesta es trabajar dentro del sistema de certificación UTN, de esa manera se pueden compartir experiencias y trabajar en forma conjunta.

2.1.1. Breve descripción del sistema de certificación de oficios

La OIT/Cinterfor (1979) da una definición de certificación como el “reconocimiento formal de las calificaciones ocupacionales de los trabajadores independientemente de la forma como hayan sido adquiridas”.

Entre los beneficios que este sistema presenta podemos nombrar:

- ✓ Permite constatar que los trabajadores que ingresan a desempeñar una tarea en una planta, tanto de manera permanente como provisional, realmente posean las competencias requeridas para desempeñar sus funciones.
- ✓ Garantiza que el personal de las empresas contratistas estén debidamente preparados para realizar las tareas inherentes a la responsabilidad asignada.
- ✓ Contribuye a garantizar un ambiente de trabajo seguro.
- ✓ Permite al trabajador obtener el reconocimiento de su competencia laboral.
- ✓ Refuerza la importancia de la formación continua como requisito para un mejor desempeño.

La certificación, va asociada a un proceso de evaluación sumativa (final) de las competencias demostradas en el desempeño del trabajo. Este proceso requiere para desarrollarse de la definición y el establecimiento previo de las competencias y capacidades para cada uno de perfiles profesionales.

En forma indistinta, pueden presentarse a la evaluación para certificación:

- ✓ Empresas que necesitan evaluar y certificar a sus operarios o a sus contratistas para asegurar la calidad del servicio que prestan.
- ✓ Contratistas que desean evaluar y certificar a su personal para agregar valor al servicio que prestan a las empresas que los contratan.
- ✓ Personas que en forma particular desean obtener la certificación de la Facultad Regional de la red.

Su principal objetivo es el de acreditar los conocimientos y experiencias del nivel alcanzado por cada persona en su actividad laboral, extendiendo un certificado del ente oficial reconocido en este tipo de evaluaciones en el ámbito de la red CARICET de la Universidad Tecnológica Nacional, con validez nacional de tres (3) años.

Los candidatos a la certificación deben rendir un examen teórico tipo opciones múltiples que consta de 6 módulos del oficio a certificar, una vez aprobada esta instancia se puede presentar a rendir práctica donde demostrará que conoce las buenas reglas del arte y oficio. De aprobar las dos instancias con un puntaje superior a 70 % obtiene la certificación por 3 años, con un nivel 1, debiendo presentarse a los 18 meses a una reválida para corroborar que mantiene el ejercicio y conocimiento de su oficio, hasta la recertificación. Si el puntaje obtenido es mayor a 85 % su nivel es 2 y no sólo demuestra que conoce el oficio, sino que también tiene capacidad para transmitirlo. El único caso donde esto no se da en este orden es en el caso de los soldadores que primero rinden la práctica y si aprueban rinden la teoría. Y su certificación caduca cada 6 meses ya que el soldador puede perder su destreza con facilidad no sólo por la práctica sino por algún incidente, accidente o por el desarrollo de alguna enfermedad que afecte la motricidad fina o la capacidad de visión.

2.1.2. La conformación del CARI: Comité Asesor Regional Interempresario

Según Castells [6] “una red es un conjunto de nodos interconectados (...) Los nodos pueden tener mayor o menor relevancia para el conjunto de la red: aumentan su importancia cuando absorben más información relevante y la procesan más eficientemente. La importancia relativa de un nodo no proviene de sus características especiales, sino de su capacidad para contribuir a los objetivos de la red”. Desde la concepción de este trabajo de investigación se pensó en esta teoría de la sociedad red y la aplicación a esta articulación que se iría dando luego con los años entre universidad, empresas, trabajadores. Las funciones definidas por consenso entre todos los integrantes de este comité CARI fueron:

- ✓ Aprobar las preguntas que ingresan al sistema.
- ✓ Auditar los exámenes y evaluaciones.
- ✓ Resolver cualquier diferencia entre las partes
- ✓ Acordar los mecanismos de financiamiento a nivel local
- ✓ Tratar cualquier inconveniente que afecte la confiabilidad del sistema se presente y amerite ser tratado
- ✓ Establecer los presupuestos anuales
- ✓ Proponer al CARICET modificaciones y adecuaciones del sistema con el objeto de mantener una homogeneidad de criterios a nivel nacional
- ✓ Evaluar el ingreso de nuevos integrantes a nivel regional
- ✓ Representar institucionalmente al sistema a nivel regional

El CARI como nodo, es el sujeto central de la articulación en el reconocimiento de saberes productivos de la red CARICET, la conformación del CARI pensado como ese primer nodo de la red CARICET, lo encontramos representado en la Figura 1. Es importante destacar que desde la teoría de la sociedad red no hay un nodo central por eso la libertad en la configuración, vemos al CARI como una entelequia conectada a las grandes empresas, a las empresas contratistas, la UTN FRD y a sus departamentos, donde se definen exámenes y evaluaciones y la comunidad:

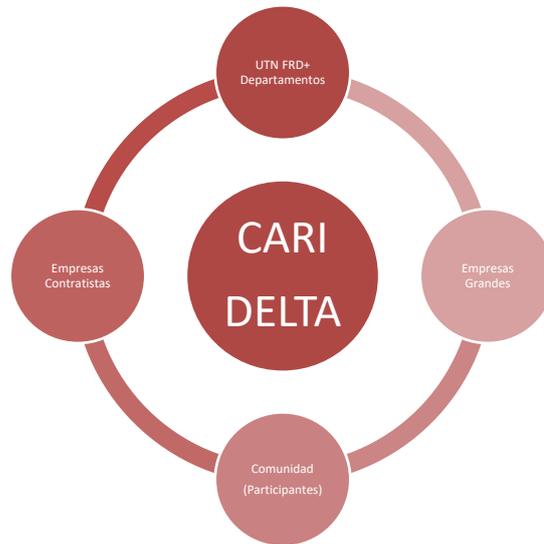


Figura 1 Representación del primer CARI, primer nodo de la red en UTN FRD. Elaboración propia

2.1.3. La conformación del CARICET: Comité Asesor de Representantes Interregionales de Certificación de Especialidades Técnicas

Castells [7] sostiene en cuanto a las características de la sociedad red, la forma como se establecen, mantienen, modifican o destruyen estas relaciones ante el nuevo paradigma social en el que se entra a mediados del siglo XX. “Las redes se convirtieron en la forma organizativa más eficiente como resultado de tres de sus rasgos fundamentales que se beneficiaron del nuevo entorno tecnológico: flexibilidad, adaptabilidad y capacidad de supervivencia” [6]. La capacidad de las redes para introducir nuevos actores y nuevos contenidos en el proceso de organización social, con relativa independencia, se incrementó a lo largo del tiempo con el cambio tecnológico y más concretamente con la evolución de la comunicación. Las redes son auto-reconfigurables por esta capacidad de adaptarse al entorno, trabajan bajo una lógica binaria: inclusión –exclusión, esto lo aplicaremos al hecho de la adhesión o exclusión de los nodos en nuestro caso los llamados CARI que componen nuestra RED CARICET.

Con este concepto de red se trata explicar cómo fue el proceso de integración de la red CARICET de la UTN a partir de un caso exitoso como el del Programa de certificación de oficios en la región de Zárate- Campana donde se encuentra la UTN Facultad Regional Delta. Otras regionales con problemáticas similares comienzan a tomar conocimiento de cómo trabajaron el tema, la de falta de mano de obra calificada en oficios en polos industriales importantes, una cercana con la cual compartían el mismo cordón industrial, la UTN Facultad Regional San Nicolás, se acercó para llevar el sistema a su Facultad y así comenzó a formarse esta red.

El programa de certificación de oficios de la UTN FRD comenzó a ser conocido por varias facultades de la UTN sobre todo aquellas que tenían características similares al emplazamiento de Delta. Estas características eran parques industriales de notables importancia con empresas destacadas: Parque Industrial San Nicolás, con empresas como Ternium, Acindar y otras del rubro; Parque Industrial de Bahía Blanca, con su polo petroquímico de gran importancia para el país; el de Neuquén, más tarde se sumó Mendoza, estos dos últimos con fuerte apoyo del IAPG (Instituto Argentino del Petróleo y Gas).

Un concepto a trabajar de suma importancia en este trabajo de conformación del CARICET es el de la vinculación tecnológica como función de la universidad, rol desde donde nace y se consolidan estos lazos, porque para ninguna de las facultades que tomaron este tema fue un negocio. El término vinculación tecnológica debe ser trabajado ya que algunos autores entran en tensión cuando la universidad cobra por servicios a terceros, introduciendo conceptos como la mercantilización del conocimiento. Es un debate interesante porque es la llamada “tercera función” de la universidad, hubo vinculación tecnológica en un marco de reciprocidad y no sólo transferencia de la facultad a las empresas, ya que a través de los CARI se trabaja en forma conjunta, se hace porque se debe hacer para mejorar la calidad, en este caso, la calificación de los trabajadores con oficios.

Las personas que se certificaban no debían pagar por su carnet de certificación, lo debía hacer el empleador o quien quisiera emplearlo, no se desconoce de algunas picardías por llamarlo

de alguna manera de “certifcate y te tomo” que ha sucedido y contra lo cual se ha trabajado para que no suceda. En varias oportunidades se hizo a través de créditos fiscales que cedían las grandes empresas a las pymes para que tampoco fuera un desembolso que debieran hacer ellas o se lo reconocían en los contratos. La Facultad no podía poner recursos propios para este Programa, debía pagarles a los instructores y tener el material para las prácticas, en cada regional se manejan de manera diferente. Los acuerdos universidad- empresa varían entre regiones y esa impronta territorial es la que marca la diferencia, los modos de producción y reproducción.

La creación del CARICET se consuma formalmente con la firma de un convenio entre el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y la Universidad Tecnológica Nacional en el marco del Plan Integral para la Promoción del Empleo el 27 de noviembre de 2009. Para este entonces ya se encontraban trabajando en forma conjunta la Facultad Regional Delta, la Regional San Nicolás y la Regional Bahía Blanca, más tarde se irían incorporando el resto de las facultades regionales que hoy conforman el CARICET. Desde el abordaje teórico se puede ver la aplicación del triángulo de Sábato [13] en el cual plantearon un triángulo de interacciones entre los vértices correspondientes al gobierno, a la empresa (o estructura productiva) y a la universidad (o infraestructura científico-técnica). Las interrelaciones entre los vértices permiten crear un flujo de demandas y ofertas que conduce a la generación y utilización de conocimientos estratégicos y socialmente útiles.

Cabe destacar que la firma de este convenio le dio un empuje importante a la red de regionales que se encontraban certificando bajo la figura de Organismo de certificación, tal situación no es así en la actualidad. En las entrevistas realizadas se manifestó una fuerte intención de retomar el diálogo con los ministerios con la finalidad de fortalecer la red, pero sugieren que eso debe darse en el marco de una articulación que surja desde Rectorado de la UTN con su peso institucional. Los testimonios manifiestan que de nada sirve que este esfuerzo sea individual, es decir de cada Regional por separado intente el diálogo, sino que debe ser a través de la red CARICET interpretando las demandas regionales y que una voz que desde el Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional sea el interlocutor válido para las gestiones necesarias, en algún momento esa estructura estuvo y luego se disolvió, pero ayudó mucho y dio gran empuje al sistema de certificaciones. La Figura 2 representa una forma de ver la red CARICET en aquel momento.



Figura 2 Representación de la RED CARICET a la firma del convenio. Elaboración propia

Castells [6] plantea que “una sociedad red es aquella cuya estructura social está compuesta de redes potenciadas por tecnologías de la información y de la comunicación basadas en la microelectrónica”. Adaptando este concepto a la red CARICET, una cuestión que marcó un antes y un después fue justamente la implementación de un sistema informático a partir del año 2011, que era compartido por todas las facultades regionales que estaban en la red y que contenían los datos de todos los participantes de las diferentes regionales. Este sistema fue diseñado por la Facultad Regional de Bahía Blanca y eran quienes administraban el mismo, a pesar de que el gerenciamiento de la red en ese momento lo ejercía Delta, eran funciones distintas. Justamente el mismo autor aduce “entiendo por estructura social aquellos acuerdos organizativos humanos en relación con la producción, el consumo, la reproducción, la experiencia y el poder, expresados mediante una comunicación significativa codificada por la cultura” y aquí podemos ver esos acuerdos organizativos que se dan por todo lo mencionado.

Volviendo un poco para atrás, el desafío era replicar el modelo de certificación en otras Facultades Regionales con características similares a la de Delta por ejemplo un parque industrial importante, lograr una certificación única a nivel país, que le sirviera al trabajador que tuviera un oficio presentar su credencial y ser reconocido en otra región. Para lograr esto se debía llegar a consensos como mismo oficio mismo procedimiento de evaluación, en el caso de Bahía Blanca,

ellos tenían desarrollados los cursos de seguridad e higiene que no es una certificación, pero se establecieron relaciones “ganar-ganar” donde se compartió el conocimiento desarrollado por cada una de las facultades. La conceptualización del aprendizaje organizacional como un proceso de adaptación, un conjunto de significados compartidos, la relación entre procesos y resultados y el resultado de la experiencia institucional se visibiliza [14]

Las tres facultades presentaron en conjunto una propuesta a la Secretaría de Proyectos Especiales de Rectorado para desarrollar un sistema en común, basado en el que utilizaba Delta, que había llevado adelante el sistema por cinco años con el pleno apoyo de las empresas de la región y con buenos resultados comprobables. Se decidió formar un organismo certificador de especialidades técnicas, con oficinas regionales en distintas facultades de UTN que puedan replicar el modelo existente, teniendo en cuenta las necesidades de las empresas locales, la compatibilidad del sistema entre regiones y el compromiso de mejorar las competencias del mercado laboral en cada región, mediante la implementación de criterios y sistemas de certificación homologados.

Mientras esto se estaba gestando, surgió la necesidad en el Polo Petrolero de Neuquén de implementar el sistema de certificación en esta zona, que fue presentada a través de una demanda del IAPG. Para dar respuesta a esta necesidad, se decidió potenciar a la Unidad Académica Confluencia (hoy Facultad Regional del Neuquén) para llevar adelante este proyecto, con el aporte de especialistas de Bahía Blanca y Delta. En este momento están certificando varios oficios que desarrollaron a demanda del IAPG, la misma experiencia UTN – IAPG fue replicada en la Facultad Regional Mendoza.

2.1.4. Creación y sostenimiento de las interacciones en la red CARICET

Uno de los desafíos más importantes en cualquier institución independientemente del tamaño es la comunicación, pero cuanto más grande sea el tamaño mayor es el nivel de complejidad que adquiere la formalización de los protocolos de comunicación. Si no existen tales protocolos la necesidad de construirlos es indispensable, así fue como la Facultad Regional Delta pionera del sistema de certificación de oficios fue capacitando a cada facultad regional que ingresaba a la red y validando para que el mismo sea adoptado en los mismos términos. Las “redes de comunicación son pautas de contacto creadas por el flujo de mensajes entre distintos comunicadores en el tiempo y en el espacio” [15]. Las redes procesan los flujos, estos flujos son corrientes de información entre nodos que circulan por los canales que conectan los nodos [6].

La Secretaría de Extensión Universitaria de la UTN FRD tuvo un rol activo en la conformación del CARICET que se dio en términos de diálogos y consensos con todos los actores sociales que conformarían la red a partir de los CARI locales el rol como mediadores sociales que construyen el consenso para que esto fuera viable, fue un proceso clave. En reuniones con una alta participación se fueron diseñando los procedimientos y protocolos que darían forma al software que sería el sistema de gestión integrado. Se mantenían charlas con las empresas y los sindicatos para mostrarles de qué se trataba este sistema, era un momento donde desde se contaban con recursos para este emprendimiento producto de la reactivación económica. En cada una de las Regionales esto se fue dando de manera diferente de acuerdo a cómo fue surgiendo y fue implementado el sistema, en Bahía Blanca hay una fuerte relación con polo petroquímico donde inclusive tienen un centro de capacitación el C4P (Centro de Capacitación y Certificación de Competencias Profesionales), las empresas pronto vieron los beneficios y adhirieron a la certificación.

En la Facultad Regional del Neuquén la demanda surge del IAPG y la regional se pone en contacto con la UTN FRD y FRBB y comienzan a trabajar en su implementación, de esta manera también se da en la Regional Mendoza. En cada una de ellas se formaba un CARI local donde se trataban los temas y problemáticas de la región y en las reuniones del CARICET vía video conferencia las de todas las regionales, como actualización del banco de preguntas, homologación de oficios, alta de oficios, entre otros. En ambas regionales hay una fuerte relación con las empresas, sobre todo en la del Neuquén que las interacciones son muy estrechas, trabajan sobre los perfiles y las competencias juntos, recibieron una gran ayuda para equipar los laboratorios para las prácticas. En todos los casos la certificación fue una puerta que se abrió para las Facultades Regionales hacia la industria.

En cuanto a la creación y sostenimiento de las interacciones en la red CARICET, el rol de los mediadores sociales que construyen el consenso para que esto sea viable, es clave. A partir de la conformación de los CARI en cada región de la red en los inicios y a través de reuniones con alta participación se trabajó en el diseño de procedimientos de trabajo y protocolos, hoy se proponen retomar esos protocolos y el agiornamiento del software que sería el sistema de gestión integrado. Trabajar en una planificación estratégica con los CARI locales atendiendo a esta dimensión relacional para establecer relaciones efectivas con el entorno. Es importante entender que los tiempos de la industria no son los tiempos académicos, son diferentes. La problemática compartida por las empresas por no contar con personal no calificado son varias, entonces mantener la red activa es vital para el abordaje sinérgico y los administradores del sistema hoy dicen “no le volcamos el suficiente músculo que necesita el programa de certificación” pero no se trata encontrar culpables ya que la responsabilidad es de todos los integrantes de la red y su trabajo en conjunto. En la

interacción universidad- empresa debe haber una decisión por parte de la industria y decisión política de trabajar con la universidad para que todo se de una manera fluida. El acompañamiento de otras regionales de la red y la propia es fundamental, porque en cada facultad las personas abocadas al sistema son pocas y tienen varias funciones que atender, se destaca que el diálogo es fluido y hay solidaridad. Otra cuestión a destacar que hay Facultades Regionales trabajando más dentro de la red que otras, la mayoría lo hace, pero como se menciona hay que fortalecer esos lazos, después depende de la gestión de cada Facultad Regional que tiene autonomía para tomar sus decisiones en cuanto a qué proyecto se adhiere y a cuál no. En la figura 3 podemos ver cómo funciona el CARICET hoy, si bien debemos tener en cuenta que en la sociedad en red no hay un centro lo que se pretende esquematizar es el funcionamiento de la articulación.



Figura 3 Representación actual de la RED CARICET. Elaboración propia

3. CONCLUSIONES.

Las conclusiones preliminares de esta primera etapa del desarrollo del trabajo de investigación son: el origen del Programa de certificación de especialidades técnicas (oficios) fue el resultado de la vinculación tecnológica entre universidad- empresa que se dio en un momento en que la industria luego de un período de inactividad y pérdida de mano de obra calificada comienza a reactivarse. Esto sucedió alrededor del año 2002 pero los empresarios ya avizoraron este panorama con antelación y comenzaron a reunirse para tratar de encontrar una solución a esta falta de capital humano para enfrentar una realidad económica que se presentaba. La UTN FRD junto a dos empresas importantes de la región de Zárate- Campana proporcionaron una solución tecnológica a este problema: un sistema de certificación de especialidades técnicas u oficios.

Se conformó el primer CARI, Comité Asesor Regional Interempresario, cuya función sería aglutinar a todas las partes interesadas, con la finalidad que estén todos los actores sociales representados de manera equitativa. La universidad con su personal de los distintos Departamentos intervinientes y de la Secretaría de Extensión Universitaria, que realizaría la administración del sistema. Por otro lado, las empresas comitentes, y fundamental que participen las empresas afectadas directamente por el sistema de certificación, como mantenimiento o producción, es decir, las empresas contratistas y los representantes de las personas certificadas, así comenzó a tomar forma la red con el primer nodo.

La conformación de RED CARICET, desde socializar sus saberes, las formas de hacer las cosas a través de procedimientos y normas, protocolos de comunicación, fue llevada a cabo por los impulsores del Programa yendo a cada una de las regionales a capacitar al personal que se abocaría a la tarea de administrar el sistema de certificación en la facultad regional. La construcción de la red fue un proceso que se dio aprovechando la experiencias y saberes productivos de los impulsores, en este caso de la UTN FRD, luego cada Facultad regional fue adhiriendo con sus características. Estas características fueron el tamaño de las regionales, el emplazamiento de las mismas cercano a polo industrial que demandó de la certificación y vio la importancia para la mejora de las calificaciones de los trabajadores que ingresaban a las empresas. La operatividad del CARI en cada región es diferente, se puede observar que el sistema funciona cuando la interacción universidad-empresa es fluida y sobre todo las empresas apalancan el sistema de certificación de oficios. El CARI es el nodo, es el sujeto central de la articulación en el reconocimiento de saberes productivos de la red, es necesario trabajar para sostener lo que quedó demostrado, que la certificación es un instrumento de progreso, movilidad para la gente y que todo se hizo y hace es por y para las personas, para obtener una calificación y diagnóstico.

Respecto a la tensión entre la homologación y la especificidad en un proceso de contextualización institucional que se ajuste a las demandas territoriales por un lado y replicar el

modelo de certificación adoptado por UTN por el otro, hay consensos adoptados. El esfuerzo de cada uno de los responsables junto al equipo docente a cargo que debieron adaptar los oficios a las demandas territoriales y a su vez al formato de la RED para mantener la homologación de los oficios. El objetivo es que una persona que certifique un determinado oficio en una Facultad Regional que forma parte de la red vaya a trabajar a la zona de influencia de otra y la credencial le sirva para ejercer su oficio de igual manera. Después Facultad tuvo mejores capacidades o no para responder a las demandas dependiendo del apoyo que se generó producto de esa vinculación tecnológica, de esa relación que en la mayoría de los casos fue universidad- empresa.

La creación y sostenimiento de las interacciones en la red CARICET en primera instancia estuvo a cargo de la UTN FRD, ellos eran los encargados de habilitar a cada oficina regional que ingresaba al CARICET. Los administradores de la red son los que convocan a reuniones periódicas para tratar los temas que surgen en los CARI regionales, y aquellas cuestiones que se deseen tratar para ello se arma una agenda de reuniones, que es menester mantenerla actualizada, hoy esa responsabilidad la tiene la UTN Facultad Regional Bahía Blanca. La participación y compromiso de los responsables de las regionales es de suma importancia para mantener la red activa, así como un fuerte liderazgo de los administradores de la misma, más allá de las comunicaciones que se dan durante el desarrollo de las actividades cotidianas que siempre funcionaron bastante bien.

4. REFERENCIAS.

- [1] Bertrand, Olivier. (2000). *“Evaluación y certificación de competencias y cualificaciones profesionales”*. Madrid. 2da Edición. 131 pág. Editorial OEI, España.
- [2] *competencias en el marco de las políticas de empleo y formación* de Vargas. (2015).
- [3] Vargas Zúñiga, Fernando. (2015). *“La certificación de competencias en el marco de las políticas de empleo y formación”*. Serie Panoramas de la formación. Volumen N°3. 173 pág. OIT/Cinterfor. Montevideo. Uruguay
- [4] González Ávila, Liliana; Vargas Zúñiga, Fernando. (2021). *“Inventario analítico de marcos de cualificaciones en América Latina”*. Serie Marco Nacional de Cualificaciones. N°1. 99 pág. OIT/Cinterfor. Montevideo. Uruguay.
- [5] Irigoin, María; Vargas, Fernando. (2002). *“Certificación de competencias. Del concepto a los Sistemas”*. Boletín Cinterfor N° 152, 75-88. OIT/Cinterfor. Montevideo. Uruguay.
- [6] Castells, Manuel. (2006). *“La sociedad red: Una visión global”*. Madrid. 1era edición. Alianza Editorial. España
- [7] Castells, Manuel. (1999). *“La era de la información: economía, sociedad y cultura”*. 3ra edición. 3 tomos. México: Siglo XXI.
- [8] Sabato, Jorge y Botana, Natalio. (1970) *“La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina”* Herrera, A. (comp.), América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- [9] Leydesdorff, Loet; Etzkowitz, Henry. (1998). *“The Triple Helix as a model for Innovation Studies, Science and Public Policy”*, Volumen 25, Número 3, 195–203, <https://doi.org/10.1093/spp/25.3.195>
- [10] De Donato, Vicente; et all. (2007). *“Industria manufacturera año 2006: Observatorio PyME Regional Delta de la provincia de Buenos Aires”*. 1era edición. Buenos Aires: Fundación Observatorio Pyme: Bononiae Libris: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Delta, 2007. 92 pág.: il.; ISBN 978-987-23290-4-4.
- [11] Carrizo, Nancy. (2019). *“Trayectorias laborales y certificación de oficios: Programa de Certificación de Oficios de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta en el período 2003-2015”* [en línea]. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Sociales. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/10023>.
- [12] Sladogna, Mónica. et all. (2015). *“Sindicatos y Formación Profesional en Argentina. Antecedentes y desafíos”*. Equipo Aulas y Andamios editora, Buenos Aires, Argentina.
- [13] Sabato, Jorge; Botana, Natalio. (1968). *“La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina”*. Revista de la Integración. INTAL. Año 1.Nro. 3. 15-36. Buenos Aires.
- [14] Shrivastava, Paul. (1983). *“Tipología de los sistemas de aprendizaje organizacional”*. Revista de Ciencias de la Gestión, Volumen 20, N° 1, 7-28.
- [15] Monge, Peter; Contractor, Noshir. (2003). *Teorías de las redes de comunicación*. Oxford: Oxford University Press.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional y a todas las facultades que forman parte de la red CARICET y que colaboraron con sus testimonios para visibilizar un enorme trabajo que se realizó en pos de la mejora de las condiciones de empleabilidad de los trabajadores y reconocimiento de su oficio.

El enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento: hacia la competitividad organizacional.

León-Moreno Francisco Javier, Hernández-León Rafael, Cadena-Badilla Jesús
Martín, Vásquez Quiroga Joaquín

¹ Departamento de FMI. Universidad de Sonora

javier.leon@unison.mx rafael.hernandez@unison.mx mcadena@guaymas.uson.mx
joaquin.vasquez@unison.mx

RESUMEN

Durante décadas, la competitividad de las empresas ha sido un tema de constante estudio en la literatura organizacional. La competitividad se ha vinculado directamente con la innovación, tanto en el desarrollo de nuevos productos, como en el mejoramiento de procesos, así como con los cambios organizacionales. Según Porter (2009), menciona que los factores de la competitividad están relacionados con la innovación, el capital humano y la infraestructura, por tal motivo es importante enfatizar que las organizaciones en todos sus niveles deben ser vistas con un enfoque sistémico, donde todas las interrelaciones entre sus distintos elementos tanto externos como internos, sean concurrentes en una adecuada gestión del conocimiento para el surgimiento de la competitividad organizacional. En base a una revisión literaria acerca de los temas de gestión del conocimiento, enfoque sistémico y competitividad, se presenta este trabajo de investigación con el objetivo de proponer una metodología, que ponga en práctica el enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento, pero que no solo tenga en cuenta el conocimiento de saber qué, sino también reconocer la importancia de tener conocimiento en el saber cómo y en el saber por qué, considerando la aplicación del conocimiento en un contexto holístico inmerso en un entorno empresarial dinámico y cambiante, lo cual conlleva a poner especial interés en el capital humano y la innovación de los procesos de negocio como base para la competitividad organizacional.

Palabras Claves: Enfoque sistémico, gestión del conocimiento, competitividad organizacional.

ABSTRACT

For decades, the competitiveness of companies has been a subject of constant study in the organizational literature. Competitiveness has been directly linked to innovation, both in the development of new products and in the improvement of processes, as well as with organizational changes. According to Porter (2009), he mentions that competitiveness factors are related to innovation, human capital and infrastructure, for this reason it is important to emphasize that organizations at all levels must be viewed with a systemic approach, where all interrelationships between its different elements, both external and internal, are concurrent in an adequate management of knowledge for the emergence of organizational competitiveness. Based on a literary review about the topics of knowledge management, systemic approach and competitiveness, this research work is presented with the aim of proposing a methodology that puts into practice the systemic approach in business processes and business management. knowledge, but that not only takes into account the knowledge of knowing what, but also recognizes the importance of having knowledge in knowing how and knowing why, considering the application of knowledge in a holistic context immersed in a dynamic business environment and changing, which leads to put special interest in human capital and business process innovation as a basis for organizational competitiveness.

Keywords: Systemic approach, knowledge management, organizational competitiveness.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

El curso actual de los acontecimientos a nivel mundial coloca a las organizaciones empresariales en una perspectiva globalizada enmarcada en un entorno dinámico y cambiante tanto a nivel político, económico y social. Es innegable, que ante este escenario se han manifestado diversas corrientes de pensamiento que ponen en evidencia la necesidad de aplicar nuevos enfoques de gestión con el fin de optimizar el desempeño organizacional para lograr obtener una mayor competitividad. Según Porter (2009), menciona que los factores de la competitividad están relacionados con la innovación, el capital humano y la infraestructura, por tal motivo es importante enfatizar que las organizaciones en todos sus niveles deben ser vistas y analizadas con un enfoque global e interdisciplinario [1]. Este enfoque se denomina “enfoque sistémico”, el cual surge de la teoría general de sistemas (TGS) expuesta por Ludwig von Bertalanffy en diversas conferencias entre los años 1950-1961. La TGS se ha convertido una de las teorías con mayor aceptación en las ciencias básicas y aplicadas, y es enunciada como una ciencia general de la “totalidad” que se caracteriza por su perspectiva holística, es decir, un enfoque sistémico fundamentado en una filosofía que estudia el organismo como una unidad (un todo) más que como partes individuales, donde lo importante es lo que emerge de las relaciones de los componentes del sistema [2].

Inherente a la TGS surge el concepto de sistema, el cual se define como un conjunto de elementos relacionados entre sí y con su medio ambiente, que conforman una determinada estructura para lograr un objetivo común. Según Debernardo y Hurtado, “el pensamiento sistémico nació hace más de cincuenta años. Sin embargo, aún muy pocas organizaciones en el mundo son gestionadas dentro de este paradigma” [3]. Por tal razón, en la era actual de los sistemas y del conocimiento, se debe hacer énfasis en el diseño de un sistema de administración basado en una estructura organizacional con un enfoque sistémico, que tenga la capacidad de atender las demandas actuales y que adapte sus procesos a los cambios internos o externos para fomentar el autoaprendizaje de la propia organización, para lograr obtener el mayor provecho de los retos y oportunidades que se presenten ante un entorno altamente competitivo.

1.2. Objetivo.

En base a una revisión literaria acerca de los temas de gestión del conocimiento, enfoque sistémico y competitividad, se presenta este trabajo de investigación con el objetivo de proponer una metodología, que ponga en práctica el enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento, pero que no solo tenga en cuenta el conocimiento de saber qué, sino también reconocer la importancia de tener conocimiento en el saber cómo y en el saber por qué, considerando la aplicación del conocimiento en un contexto holístico inmerso en un entorno empresarial dinámico y cambiante, lo cual conlleva a poner especial interés en el capital humano y la innovación de los procesos de negocio como base para la competitividad organizacional.

2. METODOLOGÍA.

Para lograr el objetivo planteado se procedió a realizar una investigación literaria referente a los temas de enfoque sistémico, gestión de conocimiento y competitividad, con el fin de fundamentar una metodología que ponga en práctica el enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento, así como establecer las bases que relacionan ideas y conceptos de los temas expuestos. Es importante mencionar que la metodología propuesta está basada en el enfoque sistémico y la gestión del conocimiento (GC), y describe las principales características que lo integran, por lo que se aclara que el diseño propuesto es esquemático y general, por lo cual cada organización deberá crear el diseño ideal a partir de estos elementos, pero puede estar en condiciones de incluir las variantes que la propia organización estime convenientes de acuerdo a su contexto administrativo asociado a un determinado nivel propio de dirección.

2.1. El enfoque sistémico y los procesos de las organizaciones empresariales.

Como se mencionó en párrafos anteriores el enfoque sistémico también denominado enfoque de sistemas, significa que el análisis de una organización, un proceso o cualquier otra entidad definida, no se realiza en forma aislada, sino que tiene que abordarse como un todo, siempre tomando en cuenta la constante interacción entre sus elementos y con su medio ambiente. El objetivo del enfoque de sistemas consiste en lograr una comprensión más completa de los elementos del sistema en conjunto, es decir, determinando sus conexiones e identificando las sinergias que de ellas resultan [4]. La aplicación del enfoque sistémico comienza a cobrar importancia debido a la necesidad de estudiar a las organizaciones empresariales como un sistema

abierto, tomando en cuenta que existen entradas de información (input) la cual es transformada por medio de ciertos procesos y luego se convertirá en información de salida (output), manteniendo un intercambio de información con el entorno y ejerciendo su propia retroalimentación para conservar o mejorar su desempeño. El enfoque sistémico se aplica a la administración mediante la premisa basada en que una organización empresarial es un sistema y se debe comprender la interdependencia de sus partes. Las organizaciones empresariales se consideran sistemas diseñados para cumplir metas y objetivos predeterminados con la intervención de la gente y otros recursos de que disponen [5].

La empresa está integrada por personas, procesos y recursos que generan productos o servicios, y desde este enfoque las organizaciones se plantean una perspectiva sistémica, donde el trabajo y la tecnología son dos factores claves para entender los nuevos modelos de gestión que explican mejor la capacidad de coordinación de sus componentes para propiciar el aprendizaje continuo del recurso humano. (Ver Figura 1).

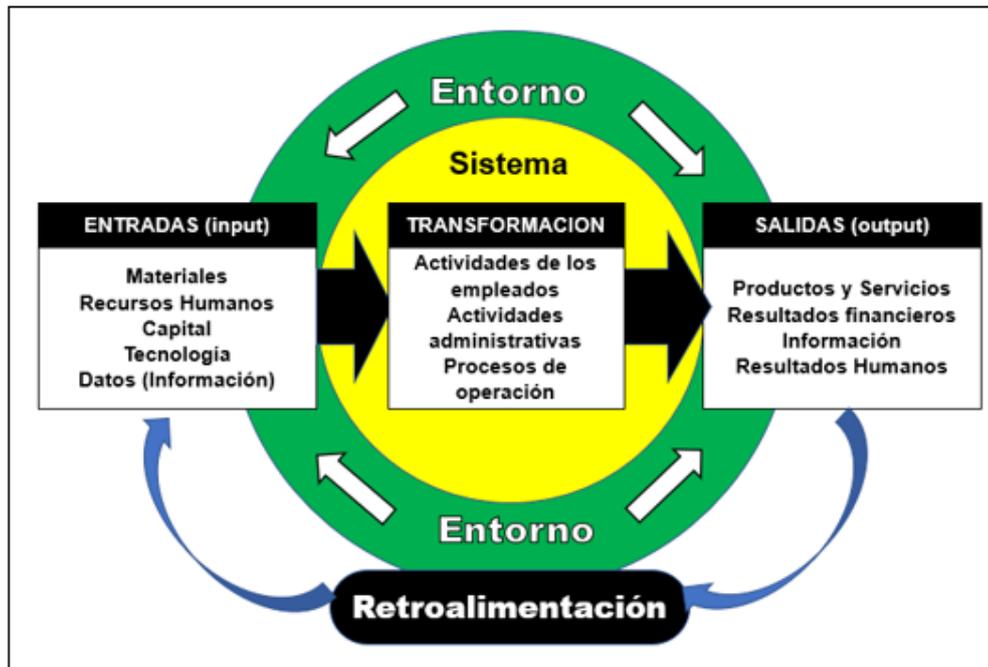


Figura 1. Esquema sistémico de una organización empresarial.

Las empresas vistas desde una perspectiva sistémica presentan las siguientes características [6]:

- Es un sistema abierto en constante interacción con el medio, ya que obtiene los recursos del entorno y devuelve al mismo sus productos.
- Implica que las decisiones o acciones de cierto departamento afecta directamente a otros. Por ejemplo, si el departamento de compras no adquiere insumos de calidad, el trabajo de producción no podrá ser llevado a cabo de la mejor manera.
- El enfoque sistémico reconoce que las organizaciones no están aisladas y se encuentran influenciados por el entorno, por ejemplo, para obtener sus recursos y para que el mismo demande sus productos o servicios.
- Es un sistema socio-técnico porque está constituida por personas que persiguen unos objetivos y tiene una pauta de conducta. La empresa realiza una función técnico-económica que es la función productiva, necesitando de un sistema físico estructurado por las condiciones impuestas por las tecnologías empleadas.

Al hacer referencia a una organización empresarial, es notable que existe cierta información en constante flujo a través de los diversos elementos que la conforman. Esta información que ingresa al sistema como dato de entrada, se transforma por medio de los procesos propios de la empresa, en elemento de salida. Toda organización empresarial, sin importar su tamaño, depende y funciona en base a sus procesos de negocio. Ellos están presentes de manera implícita en los empleados, en los sistemas, en la interacción con los clientes y proveedores, así como entre las diferentes áreas funcionales de la empresa. Los procesos están conformados por conocimiento, es decir, es conocimiento en acción y en plena práctica, con el cual se logra satisfacer los requerimientos que se demanden en la organización [7].

La norma ISO 9000:2005 define a un proceso como cualquier actividad o conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados. De acuerdo con Cantú (2011), un proceso es un conjunto de actividades interrelacionadas que transforman elementos de entrada en elementos de salida. Los recursos pueden incluir personal, instalaciones, equipos, técnicas, métodos, información entre otros [8].

Según lo mencionado por Porter (2009), establece que los factores de la competitividad están relacionados con la innovación, el capital humano y la infraestructura [1]. Pero se debe tener en cuenta que todo lo que sucede en un sistema tiene una causa. Si se habla de innovación, se deben crear las condiciones para que esto suceda, nada puede ser resultado de la casualidad o presentarse de manera fortuita, en un sistema siempre hay causas y efectos. Así como de la ejecución de un proceso bien realizado se conoce el resultado, ya que previamente fue analizado y planeado en base al conocimiento y la experiencia del personal que ha participado en dicho proceso. De manera similar se puede decir que la competitividad es un evento que resulta de la correcta ejecución de ciertos procesos con conocimiento y causa para que surja la competitividad, así como la de diseñar una estructura organizacional congruente con las actividades que se deben realizar. Por lo tanto, si se habla de innovación, de infraestructura organizacional y de competitividad, nada de ello puede surgir si no existe conocimiento, el cual está implícito en todo proceso realizado dentro de una organización. En la aplicación del enfoque sistémico en relación con los procesos de negocio, se debe considerar la gestión del conocimiento (GC) como un proceso esencial para el manejo de la información. La GC se debe llevar a la práctica de manera sistémica, con el firme propósito de mejorar continuamente los procesos involucrados tanto en el desarrollo de productos y servicios, y propiciando a su vez un ambiente adecuado para que emerja el aprendizaje organizacional.

2.2. La gestión del conocimiento en las organizaciones empresariales.

El conocimiento se considera como un activo y un recurso valioso de la empresa [9]. Para la mayoría de las organizaciones la gestión del conocimiento (GC) es una solución novedosa, que tiene como objetivo impulsar y optimizar la transferencia del conocimiento en la organización. Por tal razón, el conocimiento no debe verse solo como datos o información, ya que tiene sus raíces en el contexto social y la experiencia humana y requiere de gestión de atención a las personas y la cultura, así como a la estructura organizacional y tecnologías de la información [10]. La GC hasta la fecha se ha enfocado en los procesos y estructuras dentro de las grandes organizaciones con el fin de mejorar su desempeño y posición competitiva, mostrando una relación positiva entre la GC y el desempeño organizacional [11]. La GC es un área amplia de investigación donde académicos e industriales formulan soluciones y metodologías desde diferentes perspectivas que van desde los negocios, la gestión, la economía y las tecnologías de información [12]. En la actualidad, las actividades organizacionales se vuelven más y más complejas, involucrando numerosos aspectos del conocimiento: legal, financiero, gestión organizacional, tecnología de la información, entre otros factores no menos importantes. En el contexto empresarial, las organizaciones requieren de la GC con el fin de ser más competitivas [13]. La decisión de una empresa para invertir en innovación se ha convertido en una cuestión estratégica principalmente relacionado con el proceso de la GC, dado que la innovación refleja la capacidad de una empresa para acceder, entender y explotar el conocimiento, y verlo como una de las principales fuentes para lograr una ventaja competitiva. La GC ofrece ventajas competitivas sostenibles que aseguran la supervivencia o la promoción de la organización, ya que contribuye al desempeño de la organización y al flujo del conocimiento, afectando a personas, procesos, productos y estructuras en el intento de minimizar el riesgo, mejorar la eficiencia y crear procesos o productos innovadores [14].

Para la obtención de una ventaja competitiva sostenible en las organizaciones, el conocimiento se ha convertido en un elemento esencial [15]. El conocimiento se caracteriza por ser una mezcla fluida del razonamiento, experiencias, intuiciones y valores que permiten una acción eficaz en la organización [16]. Así mismo, el conocimiento se asume como un recurso de naturaleza intangible, tácita y compleja, que reside en la mente de las personas y que se hace necesario plasmarlo explícito para poder almacenarlo, codificarlo, compartirlo y aplicarlo para que una organización pueda generar mejoras e innovación [17].

En relación con los recursos en las empresas, estos se clasifican en tangibles e intangibles. Los recursos tangibles incluyen los recursos financieros y los activos físicos identificados y valorados en los estados financieros. Los intangibles no aparecen en los estados financieros, en este grupo se integra el capital intelectual, el cual se define como todos los recursos intangibles y sus interconexiones, considerando todos aquellos factores que contribuyen a la generación de valor para la empresa [18]. El capital intelectual está conformado por tres factores: el capital humano, el capital estructural y el capital relacional. El capital humano se puede definir como el conocimiento, las destrezas y habilidades de los empleados. Se considera el know-how, la experiencia y el talento de los empleados y los directivos en la organización. El capital estructural u organizacional se define en base a la estructura interna de la organización. Incluye las patentes, la estructura, las políticas,

la cultura, los procesos, así como la tecnología utilizada en la empresa [19]. En cuanto al capital relacional, está representado por el ambiente externo de la empresa, es decir, son todas las relaciones que una organización establece con los proveedores, clientes, competidores, gobierno y la comunidad [20]. La Figura 2 muestra gráficamente los factores que conforman el capital intelectual, así como los elementos que integran cada uno de estos factores.



Figura 2. Factores que conforman el capital intelectual.

La GC está esencialmente enfocada en las personas, a la forma de crear, compartir y utilizar el conocimiento. No se trata de la creación de un nuevo departamento o adquirir un nuevo sistema informático, se trata de hacer cambios en la forma en que todos los miembros de la organización trabajan y proporcionar a las personas acceso a los recursos de información pertinentes [21]. Existe un gran número de definiciones sobre GC de diferentes autores en contextos y tiempos distintos, entre ellos se encuentran por ejemplo Nonaka y Takeuchi que definen la GC como las capacidades de la empresa para crear conocimiento nuevo, diseminarlo en la organización e incorporarlo a todos los procesos de la organización [22]. Brooking define la GC como la actividad que se preocupa de la estrategia y la táctica para gestionar activos centrados en las personas [23]. Otra definición dada por Wiig menciona que es la función que planifica, coordina y controla los flujos de conocimientos que se producen en la organización en relación con sus actividades y con su entorno con el fin de crear competencias esenciales [24]. Para Davenport y Klahr, la GC es el proceso sistemático de buscar, organizar, filtrar y presentar la información con el objetivo de mejorar la comprensión de las personas en una específica área de interés [25]. Stankosky la define como el proceso que consiste en aprovechar los activos intelectuales para mejorar el desempeño organizacional [26].

La GC es obtener información la cual se convertirá en conocimiento, y para que esto suceda hay diferentes elementos que intervienen como son el liderazgo, la programación de estrategias, la organización de la estructura y la tecnología [27]. Se ha reconocido que el conocimiento es poder; pero lo importante del conocimiento depende de lo que se pueda hacer con él dentro de un ambiente de negocios. Es decir, el conocimiento por sí mismo no es relevante, en tanto, no pueda ser utilizado para dar origen a acciones de creación de valor [28]. En el contexto empresarial, la GC y la innovación se consideran estrategias importantes para mejorar la capacidad de una organización para responder a los requisitos cambiantes de la tecnología y poder mantener un desempeño competitivo en el entorno comercial. La aplicación efectiva del conocimiento se manifiesta en nuevas formas de valor para la organización, incluyendo nuevas ideas, productos y procesos [29].

La revisión literaria sobre la GC aporta varios enfoques tanto teóricos como prácticos con el propósito de crear competencias y habilidades en el capital humano. En la Tabla 1 se muestran conceptos de la GC definidos por algunos autores pioneros en el área, donde se pueden apreciar ideas en común que facilitan el resumen y agrupamiento de los procesos de la GC, presentando criterios relevantes que destacan aspectos teóricos, conceptuales, así como aspectos técnicos y de capital intelectual. Como se puede observar en las definiciones mostradas en la Tabla 1, la GC está esencialmente enfocada en las personas, a la forma de crear, compartir y utilizar el conocimiento,

lo cual brinda la pauta de que la metodología propuesta debe estar orientado en primera instancia al factor humano, quien es el punto de partida para la adquisición y aplicación del conocimiento.

Tabla 1. Definición de la GC de varios autores

Autor y año	Definición de la GC
Nonaka & Takeuchi (1995)	Son las capacidades de la empresa para crear conocimiento nuevo, diseminarlo en la organización e incorporarlo a todos los procesos de la organización.
Brooking (1996)	Es la actividad que se preocupa de la estrategia y la táctica para gestionar activos centrados en las personas.
Wiig (1997)	Es la función que planifica, coordina y controla los flujos de conocimientos que se producen en la organización en relación con sus actividades y con su entorno con el fin de crear competencias esenciales.
Davenport y Klahr (1998)	Es el proceso sistemático de buscar, organizar, filtrar y presentar la información con el objetivo de mejorar la comprensión de las personas en una específica área de interés.
Stankosky (2008)	Es el proceso que consiste en aprovechar los activos intelectuales para mejorar el desempeño organizacional.

Debido a la gran variedad de conceptos existentes en la literatura relacionados con la GC y sus procesos, así como su aplicación en una amplia gama de contextos organizacionales relacionados con el factor humano y la productividad en diferentes tipos de empresas, es pertinente mencionar los resultados obtenidos de la investigación de Galvis y Sánchez [30]. La Tabla 2 muestra el nombre de cada proceso, así como su propósito. La presentación de esta tabla no implica un orden cronológico determinado para su aplicación en algún proyecto o estudio relacionado.

Tabla 2. Propósitos de los procesos de la GC

Proceso	Propósito
Transferencia del Conocimiento	Transferir conocimiento organizacional entre las personas dentro de la organización. Implica la existencia de fuentes de conocimiento y receptores de conocimiento, e involucra la asimilación del conocimiento por los receptores
Creación del Conocimiento	Crear conocimiento organizacional. El conocimiento es nuevo cuando satisface necesidades de conocimiento de la organización o cuando permite la innovación
Codificación del Conocimiento	Representar o expresar explícitamente el conocimiento tácito de las personas en la organización. Esto significa la transformación de conocimiento tácito en conocimiento explícito. Incluye organización, almacenamiento y recuperación de conocimiento explícito.
Aplicación del Conocimiento	Utilizar el conocimiento organizacional para lograr los propósitos y objetivos organizacionales. El conocimiento organizacional debería ser aplicado en situaciones como: formulación de estrategias, toma de decisiones, definición y ejecución de procesos, realización de actividades, resolución de problemas, o creación y evolución de productos.
Adquisición del Conocimiento	Adquirir conocimiento de fuentes externas a la organización. El conocimiento adquirido debería satisfacer necesidades de conocimiento de la organización o debería permitir la innovación. Implica considerar los aspectos éticos y legales del acceso y uso de conocimiento de terceros
Protección del Conocimiento	Proteger el conocimiento organizacional de usos ilegales o no autorizados, y explotar los usos autorizados en generar beneficios para la organización.
Evaluación del Conocimiento	Evaluar el conocimiento organizacional para obtener realimentación sobre su estado actual y su efectividad en la organización y su entorno.

En la literatura revisada, se define la GC como un proceso que está básicamente integrado por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento. En la literatura también se encuentran algunos estudios que muestran evidencias de resultados positivos en relación con la GC y cómo influye en el mejor aprovechamiento de los recursos de las empresas. Esto se ve reflejado al mostrar aspectos favorables como un mejor uso y desarrollo de las tecnologías de información, búsqueda de consultoría externa como apoyo en diversos contextos

organizacionales, una mejor coordinación en el desarrollo de diferentes áreas de la empresa, así como una mejor comunicación departamental [31].

Haciendo referencia a los escenarios planteados acerca del panorama general que envuelve a las organizaciones empresariales y la GC, es pertinente proponer una metodología basada en la GC que integre los procesos de negocio y que permita mejorar el nivel de aprovechamiento de los recursos involucrados, enfocándolo en el desarrollo participativo del capital humano. Algunas observaciones enfocadas en los procesos y estructuras en las grandes organizaciones muestran una relación positiva entre la GC y el desempeño organizacional, dando como resultado un mejor nivel de la competitividad como producto del intercambio de conocimiento [32].

La Figura 3.A muestra cómo los procesos y la tecnología forman parte del capital estructural, y aunque puede existir relación entre ambas entidades, es importante enfatizar que no por el hecho de invertir en tecnología necesariamente se logra un mejor aprovechamiento de ella, ya que no aporta por sí misma a mejorar la interacción entre los factores del capital intelectual si se carece de un enfoque sistémico de la GC entre los empleados, directivos y todos los colaboradores que tengan contacto con la empresa. De tal forma que, al presentarse la situación donde los elementos del capital estructural no guardan un adecuado equilibrio, brindando mayor importancia a la adopción de tecnología y muy poca atención a su relación con los otros elementos, trae como consecuencia que muchas organizaciones fracasen en la implementación de las nuevas tecnologías, ya que se brinda poca atención a su naturaleza organizacional, sin entender del todo su vinculación a la estrategia y objetivos de la empresa [33]. Por tal razón, se vuelve inapropiado seguir llevando a la práctica la adopción de tecnología sin considerar en su justa dimensión al capital humano y su interacción con los elementos del capital estructural, que al presentar una desproporción entre sus componentes “no se logrará integrarla en una sola pieza”, lo que puede llevar a una situación donde se adopte mucha tecnología para procesos pobremente definidos, o presentarse el caso de tener procesos bien definidos que no cuentan con soporte tecnológico adecuado ni con una estructura organizacional congruente con los procesos del negocio ni con políticas adecuadas (ver Figura 3.B).

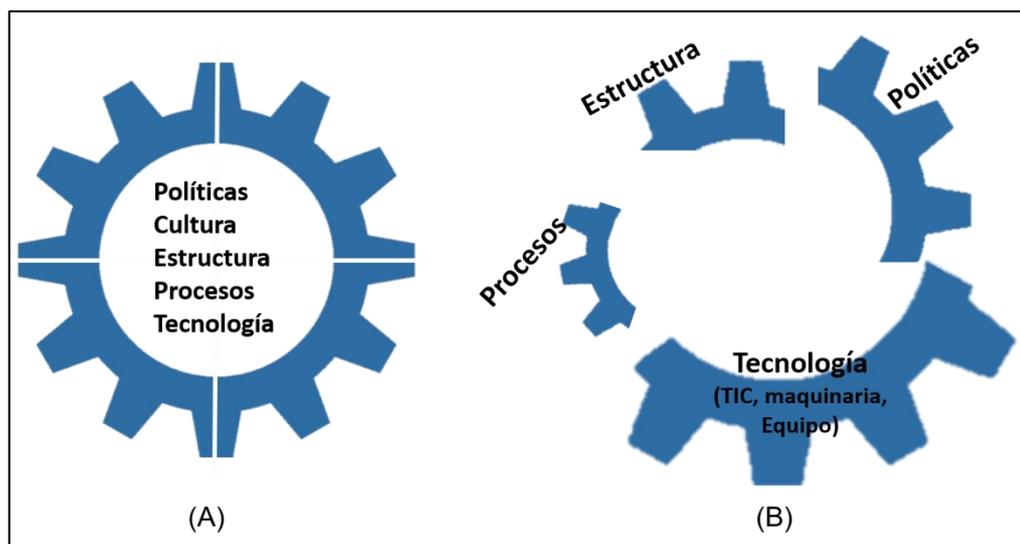


Figura 3. Elementos del capital estructural.

Ahora bien, abordando el concepto de lo que es un proceso de negocio, se puede observar que su definición también conlleva la aplicación de un enfoque sistémico, ya que se interrelacionan la tecnología, el conocimiento y las habilidades de las personas. Aquí es donde surge la propuesta de un nuevo modelo, con el objetivo de propiciar las condiciones para mejorar el nivel de aprovechamiento del conocimiento en los procesos de las organizaciones, donde se planifique y ponga en marcha una metodología que permita conseguir, mediante el conocimiento que existe en la organización como el que se adquiere del exterior, un fortalecimiento de la interrelación entre los factores del capital intelectual en relación los procesos de negocios y la aplicación del enfoque sistémico. Una vez entendido el concepto de la GC y los procesos que la conforman, y tomando en cuenta que la teoría de la GC se caracteriza por un enfoque multidisciplinario, el desarrollo de la metodología propuesta está basada en la combinación de algunos de los procesos de la GC, principalmente los relacionados con la identificación, adquisición, aplicación, codificación, compartición y evaluación del conocimiento, ya que dichos procesos se ajustan a los aspectos básicos del enfoque sistémico. Esto se detalla en la siguiente sección, donde se describe la metodología propuesta.

2.3. Metodología propuesta: El enfoque sistémico en los procesos de negocio y la gestión del conocimiento.

La metodología propuesta se basa en el enfoque sistémico y la GC, principalmente tomando en cuenta la participación del capital humano y su relación con los procesos de negocio (ver Figura 4), ya que son las personas quienes desempeñan el rol principal por ser las portadoras del conocimiento. A continuación, se explican los elementos que conforman la metodología y cómo se da la interacción entre sus etapas.

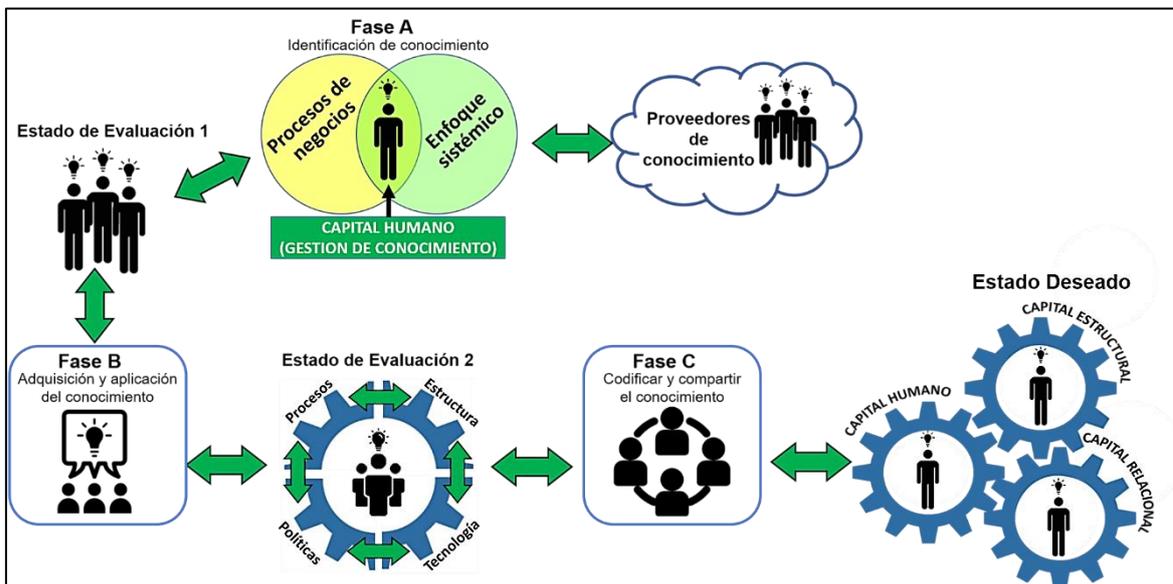


Figura 4. Metodología propuesta. El enfoque sistémico y la GC.

Fase A: Identificación del conocimiento.

Consiste en determinar el estado actual, identificar el conocimiento existente y las necesidades de conocimiento de la organización en relación con sus procesos, así como su relación con proveedores externos que estén en condiciones de asesorar a la empresa. A diferencia de un proceso tradicional de adquisición de tecnología, aquí desde el inicio del modelo se incluye la aplicación de la GC, ya que se debe contar con la participación del personal involucrado en el proceso en cuestión. Cada empresa se debe dar a la tarea de elaborar una lista de preguntas, los cuales se deben plantear de acuerdo con las características propias de los procesos de negocio involucrados con la aplicación de tecnología o nuevos conocimientos que sean necesarios. En la Tabla 3 se muestra un ejemplo de preguntas que se pueden plantear en relación con los procesos de negocio y la aplicación de nuevos conocimientos.

Tabla 3. Ejemplo de preguntas en relación con los procesos de negocio.

Nombre del proceso:
Ejemplo de planteamiento de algunas preguntas:
¿Cuál es el propósito de este proceso?
¿Cuándo se realiza el proceso?
¿Cuáles son las actividades involucradas en el proceso?
¿Quién realiza el proceso?
¿Cuáles otras áreas funcionales de la empresa se relacionan con el proceso?
¿Cuánto tiempo toma realizar el proceso?
¿Qué tipo de tecnología se aplica para realizar el proceso?

Estado de evaluación 1:

Consiste en dar respuesta y evaluar todos los puntos referentes a los proveedores, tecnología, procesos, capacitación, recursos humanos, costos, tiempo de implementación, así como al cumplimiento de objetivos tomando en cuenta las preguntas relacionadas con ¿Quién? ¿Cuál? ¿Dónde? ¿Cómo? ¿Por qué? ¿Cuándo? ¿Cuánto? La evaluación de las respuestas recabadas tiene el propósito de conocer detalladamente el proceso y seleccionar al proveedor o a los proveedores con el perfil más adecuado en conocimiento y experiencia relacionada con el proceso de negocio, y tengan la capacidad para cubrir las necesidades de conocimiento y crear las condiciones adecuadas para que la empresa pueda mejorar el aprovechamiento del conocimiento en los procesos de negocio. Por lo tanto, es muy importante que dichos proveedores no solo sean proveedores de tecnología, sino también posean conocimiento en la aplicación de dicha tecnología con el fin de

proponer un plan adecuado de capacitación. Si este estado de evaluación no brinda un conocimiento claro sobre el proceso analizado por parte de la empresa, o no brinda prospectos adecuados en conocimientos y experiencia que puedan dar apoyo como asesores, se debe continuar replanteando y evaluando las preguntas tanto para la empresa como con otros proveedores que cumplan las condiciones lo más favorablemente posible. Una vez finalizada esta evaluación satisfactoriamente, se procede a continuar con la fase B.

Fase B: Adquisición y aplicación del conocimiento.

Esta es una de las partes cruciales de la metodología, ya que le antecede la evaluación de la situación actual de la empresa y a su vez contempla dos procesos muy importantes de la GC: adquisición y aplicación. En esta fase se debe considerar que la adquisición de conocimiento debe estar orientada a satisfacer las necesidades de información inicialmente planteadas, por lo que la aplicación del conocimiento adquirido debe estar vinculado con varios aspectos que involucren el uso de equipo tecnológico, aplicación de software, así como relaciones entre diferentes áreas de la empresa, y que de alguna u otra manera se manifiestan directamente en los elementos que conforman el capital humano, así como el capital estructural y el capital relacional. La aplicación de dicho conocimiento debe brindar resultados acordes al propósito planteado en el proceso de negocio, lo cual implica la participación de todos los empleados, colaboradores y directivos con la finalidad de que el conocimiento adquirido sea aplicado en las áreas de trabajo que fueron previamente definidas. Una vez concluida esta fase, se continúa con el estado de evaluación 2.

Estado de evaluación 2:

En este estado de evaluación la interrelación de los elementos del capital humano (conocimientos, destrezas, habilidades) permitirá evaluar si la aplicación del conocimiento es favorable. En este punto se pueden plantear algunas preguntas relacionadas con la aplicación del conocimiento, como por ejemplo ¿La adopción de tecnología está acorde al proceso de negocio analizado? ¿El proceso de negocio está apoyado por una estructura organizacional adecuada? ¿Las políticas de la empresa están soportadas adecuadamente por la estructura organizacional, así como por los procesos y la tecnología aplicada? ¿El personal involucrado cuenta con los conocimientos y habilidades necesarias para la aplicación de la tecnología? Si los resultados de esta evaluación reflejan una adecuada aplicación del conocimiento, entonces se ha logrado establecer en primera instancia un buen nivel acoplamiento entre los elementos del capital estructural. Esto significa, que en la adopción de la tecnología se han considerado al capital humano y su interacción con los elementos del capital estructural, “logrando integrarla en una sola pieza”. Si se observa la Figura 4, en el estado de evaluación 2, esto se representa por las flechas en doble sentido entre los procesos, tecnología, políticas y estructura, lo cual significa que se presentan las condiciones necesarias para pasar a la fase C de la metodología. En caso de que este estado de evaluación no brinde resultados satisfactorios, se debe reforzar la fase B y analizar en consecuencia el estado de evaluación 1, lo cual puede llevar de regreso a reiniciar con la fase A, esto con el fin de avanzar a las etapas subsecuentes, o regresar entre fases y estados de evaluación anteriores como se considere necesario para lograr que se cumpla con el propósito de cada etapa de la metodología, y no avanzar a etapas siguientes hasta que los requerimientos de etapas previas hayan sido cubiertas en su totalidad.

Fase C: Codificar y compartir el conocimiento.

En esta fase del modelo se llevan a cabo otros dos procesos de la GC: codificar y compartir el conocimiento. Primeramente, se codifica el conocimiento, es decir, consiste en la transformación de conocimiento tácito (conocimiento no documentado, basado en experiencias y destrezas de la persona) a conocimiento explícito (conocimiento documentado para posteriormente ser utilizado en la empresa). La codificación incluye organización, almacenamiento y recuperación de conocimiento explícito. En esta fase se realiza la documentación de todo lo relacionado con el conocimiento aplicado sobre la implementación de tecnología, así como los procesos y las personas involucradas. Se pueden elaborar manuales de procedimientos o diagramas que muestren el conocimiento necesario para determinado proceso. La documentación puede ser por los medios que cuente la empresa, dando preferencia a las nuevas tecnologías, ya sean documentos o archivos electrónicos para facilitar su organización, almacenamiento y recuperación. Una vez codificado el conocimiento, se contará con fuentes de conocimiento que lograrán reforzar el capital humano al contar con mejores condiciones para compartir adecuadamente el conocimiento, apoyándose en la misma tecnología utilizada por las personas dentro de la organización.

Estado deseado: Mejorar el aprovechamiento del conocimiento en los procesos de negocio. Si el estado deseado propuesto por la metodología se ha logrado, significa que se han realizado satisfactoria y sistémicamente todas las etapas del modelo y se ha logrado la integración de los tres factores del capital intelectual. Sin embargo, si la última fase de la metodología, relacionada con la compartición del conocimiento no se está logrando, se deben implementar otras estrategias

enfocadas hacia el personal de la empresa. Por ejemplo, para compartir el conocimiento puede ser necesario fomentar las buenas actitudes entre las personas, tanto las que reciben como las que brindan el conocimiento. Se debe tener en cuenta que la participación del capital humano brinda retroalimentación al capital estructural y al capital relacional con el propósito de que los factores del capital intelectual interactúen adecuadamente, logrando con ello que todas las personas colaboren en un ambiente laboral que conduzca hacia el constante aprendizaje y la mejora continua de la empresa.

3. CONCLUSIONES.

De acuerdo con la revisión literaria realizada, se percibe que la aplicación del enfoque sistémico es una herramienta que fomenta la competitividad y la productividad. La metodología propuesta propone la aplicación del enfoque sistémico y la GC como el punto de partida para obtener mejores resultados en los procesos de negocios de las empresas, ya que solo el capital humano por medio de la adquisición y aplicación del conocimiento puede crear las condiciones para hacer uso creativo del conocimiento, proporcionando a la organización una herramienta para mejorar y diferenciar el manejo de los recursos tanto humanos como materiales, y poder implementar mejoras en sus procesos, productos o servicios. En consecuencia, se puede observar que el aprendizaje continuo y la habilidad para desarrollar nuevas competencias en la aplicación de la GC, promueve el desarrollo de mejores actividades empresariales. Aunque intervienen muchos factores en su implementación, el principal factor en que se debe sustentar es el capital humano, que en proporción a sus conocimientos, destrezas y habilidades hacen posible que surjan las ventajas de la incorporación del enfoque sistémico en todos sus ámbitos como son gestión interna, comunicación con clientes y proveedores, sistemas de ventas, marketing, producción y recursos humanos. El principal aspecto que se debe considerar es que se requiere de aprendizaje del capital humano que conforma cada una de las áreas funcionales de la empresa, aprendizaje tanto a nivel individual y organizacional, ya que la capacidad de absorción depende de los conocimientos necesarios relativos para la adopción y puesta en práctica de nuevas metodologías, así como de las características del entorno de aprendizaje que involucra tanto al personal de la empresa, así como asesores externos.

Como consecuencia, las empresas como medida para “aprovechar el conocimiento” de los expertos, deben saber identificar y adquirir el conocimiento de su entorno, pero se debe recalcar que los resultados no se generan de forma automática por el solo hecho de identificar y adquirir el conocimiento, ya que se requiere poner en práctica esos nuevos conocimientos de acuerdo con su dinámica organizacional. La aplicación de la metodología propuesta muestra los procesos de la GC y con sus respectivos estados de evaluación, se pone en evidencia la integración del enfoque sistémico en los procesos de negocio logra un buen equilibrio entre el capital humano, capital estructural y capital relacional. Con la aplicación del enfoque sistémico se puede ver la adaptabilidad en diferentes procesos de negocio para analizar y evaluar las necesidades de conocimiento y obtener con ello el mayor aprovechamiento de su implementación, ya que en un entorno en constante dinamismo, es primordial estar alerta de los cambios tanto tecnológicos como metodológicos que impacten el mejoramiento de los procesos, lo cual conlleva a la actualización constante de conocimiento como recurso básico para que las organizaciones mantengan un nivel adecuado de competitividad.

4. REFERENCIAS.

- [1] Porter, M. (2009). *Ser Competitivo*. Barcelona: DEUSTO.
- [2] Bertalanffy, L. V. (2006). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- [3] Debernardo, H.; Hurtado, M. (2006). *El puente: mejores los resultados de su empresa aplicando el pensamiento sistémico*. Buenos Aires: Granicas.
- [4] Ackoff, R. (2004). *El paradigma de Ackoff*. México: Limusa.
- [5] Kendall, K. E.; Kendall, J. E. (2005). *Análisis y diseño de sistemas*. México: Pearson.
- [6] Robbins, S., y Coulter, M. (2010). *Administración*. México: Pearson Educación.
- [7] Oscar Johansen Bertoglio (2004). *Toma de decisiones gerenciales*. Editorial Limusa México.
- [8] Cantú, H. (2011). *Desarrollo de una cultura de calidad*. México: Mc Graw Hill.
- [9] Yuan W. (2007). *Knowledge management from Theory to Practice. A road map for small and medium sized enterprises*. School of Mathematics and Systems Engineering. Reports from MSI. Växjö University.
- [10] Wilfredo Bohorquez Lopez, V., & Esteves, J. (2013). *Acquiring external knowledge to avoid wheel re-invention*. *Journal of Knowledge Management*, 17(1), 87-105.
- [11] Edvardsson, I. R., & Durst, S. (2013). *The benefits of knowledge management in small and medium-sized enterprises*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 81, 351-354.

- [12] Mustapha, S. S. (2012). KFTGA: A tool for tracing knowledge flow and knowledge growth in knowledge sharing environment. *Information, Knowledge, Systems Management*, 11(3-4).
- [13] L. Díaz-Díaz, N., & De Saa-Perez, P. (2014). The interaction between external and internal knowledge sources: an open innovation view. *Journal of Knowledge Management*, 18(2), 430- 446.
- [14] Majors, I. (2010). ICT and knowledge management models for promotion of SME's competitiveness. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 6(3), 173- 184.
- [15] Drucker, Peter. (2012). *Managing in the next society*: Routledge.
- [16] Davenport, T.H. y Klahr, P. (1998). Managing customer support knowledge. *California Management Review*, 40 (3), 195-207.
- [17] Davenport, T. y Pruzak, L. (2001). *Conocimiento en acción*. Buenos Aires: Prentice Hall.
- [18] Edvinsson, L. & Stenfelt, C. (1999): Intellectual capital of nations for future wealth creation, *Journal of Human Resource Costing and Accounting*, 4 (1), 21-33.
- [19] El Tawy, N., & Tollington, T. (2012). Intellectual capital: literature review. *International Journal of Learning and Intellectual Capital*, 9(3), 241-259.
- [20] Cohen, S., & Kaimenakis, N. (2007). Intellectual capital and corporate performance in knowledge-intensive SMEs. *The Learning Organization*, 14(3), 241-262.
- [21] Shannak, R. O., Ra'ed, M., & Ali, M. (2012). Knowledge management strategy building: Literature review. *European Scientific Journal*, 8(15).
- [22] Nonaka, Ikujiro & Takeuchi, Hirotaka (1995). *The knowledge-creating company. How Japanese companies create the dynamics of innovations*. Oxford University Press. New York.
- [23] Brooking, Annie (1996). *Intellectual capital. Core asset for the third millennium Enterprise*. International Thomson Business Press. London.
- [24] Wiig, K. M. (1997). Integrating intellectual capital and knowledge management. *Long range planning*, 30(3), 399-405.
- [25] Davenport, T.H. y Klahr, P. (1998). Managing customer support knowledge. *California Management Review*, 40 (3), 195-207.
- [26] Stankosky, M. (2008). Keynote address to ICICKM. In *International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning*.
- [27] Watcharadamrongkun, S. (2012). Predictors and effects of knowledge management in U.S. colleges and schools of pharmacy (Order No. 3543736).
- [28] XIOMARA, P. (2009). La gestión del conocimiento y las Tics en el siglo XXI. *CONHISREMI. Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico*, 5(1).
- [29] Dahiyat, S. E. (2015). An integrated model of knowledge acquisition and innovation: examining the mediation effects of knowledge integration and knowledge application. *International Journal of Learning and Change*, 8(2), 101-135.
- [30] Galvis Lista, E. & Sánchez Torres, M. (2014). Revisión Sistemática de literatura sobre procesos de gestión de conocimiento. En R, Llamosa Villalba (Ed.). *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 13(37), 45-67. ISSN 1657-8236.
- [31] Vazquez-Avila, G., Sanchez-Gutierrez, J., & Rodríguez-Camacho, R. (2012, January). Impact of knowledge management and intellectual capital on competitiveness of SMEs manufacturing in the Western region of Mexico. In *Competition Forum* (Vol. 10, No. 1, p. 56). American Society for Competitiveness.
- [32] Colin, M., Galindo, R., & Hernández, O. (2016). Information and communication technologies, strategy and supply chain management in manufacturing SMEs of Aguascalientes, México. *Annals of Data Science*, 3(1), 71-88.
- [33] Chinedu Eze, S., Duan, Y., & Chen, H. (2014). Examining emerging ICT's adoption in SMEs from a dynamic process approach. *Information Technology & People*, 27(1), 63-82.

Efectos del género sobre la Orientación al Mercado en los gerentes de hoteles PYMES del estado de Sonora, México

Hernández-León Rafael, Cadena-Badilla Jesús Martín, Vásquez Quiroga Joaquín,
León Moreno Francisco Javier, Vega Robles Ramón Arturo

*Universidad de Sonora URN.
rafael.hernandez@unison.mx*

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es conocer las diferencias en los resultados de un análisis estadístico T Student entre los constructos *Genero* de mandos medios y *Orientación al Mercado (OM) en clientes* de los hoteles PYMES del estado de Sonora México. Para el estudio se utilizaron los datos recolectados en la encuesta que se realizó para la investigación de tesis doctoral Determinación de los Requerimientos para Formular Estrategias en Orientación al Mercado del Sector Turismo: Caso Hoteles PYMES del Estado de Sonora. El análisis T Student para muestras independientes resultó con una significancia bilateral menor a 0.05 revelando diferencia significativa entre el efecto del género de los mandos medios sobre la OM en clientes de hoteles PYMES del estado de Sonora, México. Se encontró además que el valor medio de la OM en la escala de Likert de 1 a 5 de los ejecutivos femeninos presentan un valor mayor respecto a los ejecutivos masculinos. Se concluye que el género femenino se vuelve cada día más competitivo respecto al género masculino.

Palabras Claves: Orientación al mercado, clientes, significancia bilateral.

ABSTRACT

The objective of this investigation is to discover the differences in the results of a T Student statistical analysis between the constructs Genre of Middle Commands and Market Orientation (OM) in clients of SMEs hotels in the state of Sonora Mexico. For the study, the data collected in the survey that was carried out for the investigation of the doctoral thesis will be used. Determination of the Requirements for Formulating Strategies in Orientation of the Market in the Tourism Sector: Case of SMEs in the State of Sonora. The T Student analysis for independent samples resulted in a bilateral significance lower than 0.05 revealing a significant difference between the effect of the gender of the average commands on the OM in clients of SMEs hotels in the state of Sonora, Mexico. It was also found that the average value of OM on the Likert scale from 1 to 5 of female executives presents a higher value with respect to male executives. It is concluded that the female gender becomes more competitive with respect to the male gender.

Keywords: Market orientation, customers, bilateral significance.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las empresas mexicanas se encuentran en el sector de PYMES. De ahí la importancia estratégica que éstas adquieren en términos de desarrollo económico nacional, regional o local, únicamente en el 2006 existieron más de 4 millones de empresas (productores agrícolas, ganaderos, acuicultores, mineros, artesanos, manufactureras, comercios, servicios turísticos y culturales) de las cuales 99.7% eran micro (97%) y pequeñas (2.7%). El resto, medianas (0.2%) y solo el 0.1% grandes corporativos [1].

En México, el desarrollo de actividades turísticas con orientación a la satisfacción del cliente es significativo en cuanto a la derrama económica. El turismo es uno de los sectores de la economía más importantes siguiéndolo la industria petrolera y de las remesas de los mexicanos en el exterior. En el año 2007 ocupó el octavo lugar mundial en cuanto a la captación de turistas extranjeros, siendo de 21 millones 424 mil turistas [2] y generando ingresos por \$17 mil 901 millones de dólares [3], además la actividad turística es altamente dependiente de las fluctuaciones económicas internacionales o de eventos catastróficos [4].

En tanto la OM al igual que la innovación tecnológica y el capital relacional en las empresas PYMES es un tema que sigue teniendo áreas de oportunidad para la investigación [5]. Así, desde principios de los años cincuenta se afirmaba que las organizaciones que adoptaran el concepto de mercadotecnia obtendrían mejores resultados y, desde 1988, el Marketing Science Institute estableció como una de sus líneas de análisis el estudio de la OM de las empresas a sus clientes y a sus mercados, así como las posibles consecuencias que se derivan de este hecho, convirtiéndose en un eje central de estudio científico empresarial [6]. Debido a que las empresas del sector turístico son intensivas en mano de obra, en especial hoteles, la formación de recursos humanos con orientación al cliente juega un rol fundamental y es clave para lograr destinos competitivos en un mundo cambiante como el de hoy [7].

En las PYMES la orientación estratégica presenta tres ejes principales: La OM, la orientación emprendedora (OE) y la orientación al aprendizaje (OA) [8], particularmente la OM se define como "la cultura organizativa que de forma más efectiva genera los comportamientos necesarios para la creación de un valor superior para los compradores, y por consiguiente unos mejores resultados para la empresa" [9]. El fin de preparar a los empleados de una empresa, de innovar y organizarse es para satisfacer al cliente, en ese sentido una empresa orientada al mercado debe estar orientada a los clientes, a sus competidores y presentar una coordinación entre todas sus funciones, representando una capacidad clave en cualquier organización empresarial [10].

La formación de un constructo en el que se base todo el contenido teórico del conocimiento de OM ha topado con la carencia de un concepto de mercadotecnia ampliamente aceptado, dando como resultado una gran cantidad de definiciones del concepto de OM. Entre los autores que han aportado definiciones de OM son: Felton, Shapiro, Kohli y Jaworski, Narver y Slater, Kohli, Jaworski y Kumar, Pelham y Wilson, y Kasper [11-18].

Todo esto ha llevado en las organizaciones de diferentes giros, al desarrollo de una gran variedad de estudios tanto teóricos como empíricos que se utilizan mundialmente, centrados en el conocimiento de OM, y en la comprobación de su relación con otras variables estratégicas dentro del área de la mercadotecnia [18-19].

En la mayoría de los estudios sobre OM, el cliente se considera el actor central, de tal manera que las organizaciones que cuentan con una filosofía empresarial y comportamientos que ubican al cliente como objetivo principal a satisfacer, es decir que cuentan con un mayor grado de OM, llegan a desarrollar más innovación [20].

Entre los sectores de PYMES, el de servicio es cada vez más importante en la economía mundial, en México también se observa esa tendencia donde la aportación al PIB y la generación de empleos es muy considerable. Dentro del sector de servicio, el turismo nacional es un pilar de la economía mexicana, de acuerdo con el censo industrial del 2004 el sector de alojamiento turístico mexicano se integra por 11,740 establecimientos, compuesto por 10,596 hoteles [21].

En un estudio realizado por [22], en empresas PYMES de la región de Sonora México, se ha encontrado que existe una carencia en la cultura de OM por parte de los ejecutivos de mandos medios, ocasionada por una deficiente formación en el perfil de mercadotecnia. El estudio consistió en una encuesta donde los mandos medios se autocalificaron en las diferentes áreas de OM arrojando: en cultura organizativa un promedio de 60, en el grado de escolaridad se encontró que el 45.45 % de los ejecutivos responsables en atención al cliente en los hoteles, presentan una

escolaridad menor a licenciatura, el 36.36 % tienen nivel de licenciatura, 9.09 % nivel de especialidad y el 9.09 % nivel de maestría.

Podemos deducir por la literatura que la OM es un pilar fundamental para el éxito de las PYMES y presenta un obstáculo que difícilmente se solventa en su totalidad convirtiéndose en un reto constante a superar para ser competente en el mercado. Por otro lado las empresas en general, tanto internacional, nacional y regional están en constante lucha para mantener una OM exitosa. Sin embargo en los estudios de OM en el estado de Sonora, México no se encontraron investigaciones sobre la diferencia entre ejecutivos de diferente género. Entonces surge la pregunta ¿existe variación en la OM entre los mandos medios del género femenino y el género masculino en los hoteles PYMES? Esta reflexión motivó a realizar este estudio y determinar si hay diferencia en la OM que presenten los mandos medios de los hoteles PYMES del estado de Sonora, México cuando se trate de diferente género.

1.1 El Género y las MIPYMES

En México, la participación de la mujer se ha incrementado en las últimas décadas, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se tiene que el porcentaje total de mujeres emprendedoras es de 19.1 y dirigen el 47% de las Micros, Pequeñas, y Medianas Empresas (INEGI, 2010). Estudios realizados revelan que más del 98% del universo de empresas formales e informales de muchos países se ubican en el grupo de MIPYMES, teniendo una alta participación en ventas totales, las exportaciones, el PIB y el empleo [23]. De aquí se desprende que cualquier problema por el que atraviesen este tipo de empresas repercute de una manera directamente proporcional desfavorable en los indicadores macroeconómicos y sociales del país de referencia [24].

1.2 Objetivo general

Una vez definida la problemática a investigar se determinó que el objetivo general de esta investigación es conocer si existe diferencia significativa en la orientación al mercado en los hoteles del estado de Sonora, México con respecto al género de los mandos medios de la organización.

2. METODOLOGÍA

El propósito de esta investigación es conocer el efecto del género de los mandos medios de los hoteles PYMES del estado de Sonora, México, sobre la OM en los clientes. Así mismo contestar la pregunta ¿existe variación en la OM entre los mandos medios del género femenino y el género masculino en los hoteles PYMES?

Con el objeto de obtener información concluyente acorde al propósito de esta investigación, se precisó la siguiente hipótesis:

H_A: Existe diferencia en el efecto de género de los mandos medios de los hoteles PYMES sobre la Orientación al Mercado en la dimensión de Clientes.

De acuerdo con la hipótesis planteada las variables de investigación son:

- 1) Variable independiente: *género de los mandos medios* de los hoteles PYMES del estado de Sonora, México.
- 2) Variable dependiente: *OM en los clientes* de los hoteles PYMES del estado de Sonora, México.

Esta investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto; utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. Se basa en la problemática sobre OM que presentan la mayoría de las empresas de servicio (Escalera, 2007). Determinando primeramente el estado actual sobre OM en que se encuentran los hoteles PYMES en el estado de Sonora. Para lo cual se utiliza una encuesta como instrumento de investigación, que se aplica a los mandos medios de los hoteles PYMES, la cual se valida por el método de Análisis Factorial (AF) y posteriormente se analizan los resultados para determinar el efecto del género de los mandos medios sobre la OM en los clientes.

Para este estudio se utilizó una muestra aleatoria de 100 de los 545 hoteles PYMES existentes según DATATUR (2021) utilizando un nivel de confianza de 95% y un error permitido de 5%, condiciones de validez cuando el estimador del parámetro tiene un comportamiento normal [25].

De los 100 encuestados fueron 37 mujeres y 63 hombres, ver tabla 1. Se analizó el nivel OM de las dimensiones Análisis de Clientes y Acciones Estratégicas de Clientes. Posteriormente se analizó si existe diferencia significativa en la OM con respecto al género de los mandos medios de los hoteles utilizando la prueba T Student para muestras independientes en el Software SPSS versión 20, los resultados se presentan en la Tabla 1 sobre la OM de hoteles PYMES

3. RESULTADOS

1) La muestra analizada arrojó que de las 100 encuestas 37 fueron del género femenino y 63 del género masculino.

2) la media en la escala de Likert del 1 al 5 de la OM en los clientes fue 3.4067 para el género femenino, y 3.2396 para el género masculino, ver Tabla 1.

3) En la prueba T Student para muestras independientes se encontró que la significancia bilateral es menor que 0.05 lo que significa que si hay diferencia significativa entre el género femenino y masculino de los mandos medios de los hoteles PYMES del estado de Sonora, México, ver Tabla 2.

Tabla 1. Estadísticas de grupo

Estadísticas de grupo					
	GÉNERO	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
OM	Femenino	37	3.4067	.19971	.03283
	Masculino	63	3.2396	.43484	.05478

Tabla 2. Prueba T Student para muestras independientes

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
OM	Se asumen varianzas iguales	4.493	.037	2.201	98	.030	.16709	.07590	.01647	.31770
	No se asumen varianzas iguales			2.616	93.714	.010	.16709	.06387	.04027	.29390

3.1 Contrastación de las hipótesis

La hipótesis se comprobó mediante la Prueba T Student para muestras independientes, donde la variable de agrupación fue el género, para lo cual se utilizó el programa SPSS20 con un nivel de confianza de 95% y se encontró lo siguiente:

H_A: Existe diferencia en el efecto de género de los mandos medios de los hoteles PYMES sobre la Orientación al Mercado en la dimensión de Clientes. Al aplicar la Prueba T Student para muestras independientes se puede observar en la columna de significancia de la Tabla 2 que los valores son menores que el valor de referencia que es 0.05, con lo que se puede concluir que si existe diferencia significativa en el efecto de género de los mandos medios de los hoteles PYMES sobre la Orientación al Mercado en la dimensión de Clientes de estas PYMES dirigidas por hombres o por mujeres.

4. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio contribuyen al entendimiento de la participación del género, nivel OM y sus consecuencias para los clientes tomando en consideración el contexto de PYMES de hoteles en el estado de Sonora. De acuerdo con la literatura la mujer en las últimas décadas ha presentado una participación en la administración de las organizaciones arriba del 40% en Micros, Pequeñas y Medianas Empresas (INEGI,2010). Con esta investigación se puede afirmar que hay mucho por hacer en la homogenización de la forma en que participan las mujeres y hombres en las empresas. Los resultados de este estudio demuestran que existe un efecto diferente de género femenino al género masculino sobre la OM hacia los clientes de los hoteles PYMES, sin embargo sabemos que la OM contiene otros componentes como son: la competencia, el entorno, y la coordinación interfuncional, por lo que a pesar del resultado obtenido sería muy prematuro asegurar la existencia de esa diferencia en la OM global.

5. CONCLUSIONES

Con los resultados de esta investigación se puede concluir que la participación del género femenino en las organizaciones se incrementa cada día de una manera competitiva, esta conclusión se basa en los resultados en este estudio donde el nivel de OM en la escala de Likert de 1 a 5 resultó con una media de 3.4067 mayor que la del género masculino que alcanzó 3.2396, ver tabla 1.

Este resultado se confirmó con la prueba T para la igualdad de medias, en la cual la significancia bilateral resultó menor que 0.05, ver tabla 2, significa estadísticamente que existe diferencia en el efecto sobre la OM entre el género femenino y masculino.

Se concluye además que este estudio está limitado, ya que se realizó tomando en cuenta únicamente el componente *clientes* de la OM. Se recomienda ampliar la investigación a otros componentes de OM como son: *competencia, factores externos, y relación interfuncional*.

4. REFERENCIAS.

- [1] Venegas, F., Cruz, S. y Segovia, J. (2008). “Modelo dinámico para estimar la estructura óptima de capital para una PYME minera.” *Economía y Sociedad*, XIV, 22, (julio – agosto).
- [2] Secretaría de Turismo. (2007). Plan sectorial de turismo 2007-2012. México.
- [3] Secretaría de Turismo. (2008). Resultados de la actividad turística Enero-Diciembre 2008. México.
- [4] Enríquez Acosta, Jesús Ángel. (2010). El escenario turístico en Puerto Peñasco. Efectos sociales y urbanos. *Diálogos Latinoamericanos*.
- [5] González, B. D. L., Rodenes, A. M., (2008). La Influencia del capital relacional, innovación tecnológica y orientación al mercado sobre los resultados empresariales en empresas de alta tecnología. Un modelo conceptual. *Pensamiento y Gestión*, Universidad del Norte Colombia. Núm. 25, 113-138.
- [6] Álvarez, L. I., Santos, M. L., y Vázquez, R. (2001). El concepto de orientación al mercado: perspectivas, modelos y dimensiones de análisis. Departamento de Administración de Empresas y Contabilidad, Universidad de Oviedo, España.
- [7] Damm M. L., Szmulewicz E. P. (2007). Modelo genérico de gerente de Spencer y spencer, una aplicación a la hotelería. *Gestión Turística* No. 7. ISSN 07171- 1811.
- [8] Calatone, R. J., Cavusgil, S.T. y Zhao, Y. (2002). “Learning orientation, firm innovation capability, and firm performance”, *Industrial Marketing Management*, Vol. 31, 515-524.
- [9] Narver, J.C. y Slater, S.F. (1990). «The Effect of a Market Orientation on Business Profitability», *Journal of Marketing*, Vol. 54, octubre, págs. 20-35.
- [10] Bhuian, S.N., Menguc, B. y Bell, S.J. (2005). “Just entrepreneurial enough: the moderating effect of entrepreneurship on the relationship between market orientation and performance”, *Journal of Business Research*, Vol. 58, 9-17.

- [11] Felton, A.P. (1959): "Making the Marketing Concept Work". Harvard Business Review, 37 (4), 55-62
- [12] Shapiro, B.P. (1988). What the hell is market oriented? Harvard Business Review. Vol. 66, No. 3, 119-125. Publicado en 1989 bajo el título: "Ahora toda la empresa interviene en la estrategia de marketing". Harvard Deusto Business Review. No. 39, tercer trimestre, 3-10.
- [13] Kohli, A. K. y Jaworski, B. J. (1990). Market Orientation: The Construct, Research Propositions, and Managerial Implications. Journal of Marketing. Vol. 54, April, pp. 1-18.
- [14] Narver, J.C. y Slater, S.F. (1990). «The Effect of a Market Orientation on Business Profitability», Journal of Marketing, Vol. 54, octubre, págs. 20-35.
- [15] Kholi, A.K., Jaworski, B.J. y Kumar, A. (1993). Markor - A Measure of Market Orientation. Journal of Marketing Research, 30 (4), 467-477.
- [16] Pelham, A. M. y Wilson, D. T. (1996). "A longitudinal study of the impact of market structure, firma structure, strategy, and market orientation. Culture on dimensions of small-firm performance." Journal of the Academy of Marketing Science, 24, 1, 27-44.
- [17] Kasper, H. (1998). "Corporate Culture and Market Orientation: First and Preliminary Results from 18 Case Studies". 27th EMAC Annual Conference, from 20th to 23th may, Estocolmo. Proceedings, Vol. 2, 579-599.
- [18] Martínez, M. (2004). "Orientación a Mercado, modelo desde la perspectiva del aprendizaje organizacional", USA, México.
- [19] González, B. D. L., Rodenes, A. M., (2008). La Influencia del capital relacional, innovación tecnológica y orientación al mercado sobre los resultados empresariales en empresas de alta tecnología. Un modelo conceptual. Pensamiento y Gestión, Universidad del Norte Colombia. Núm. 25, 113-138.
- [20] Vargas, H. J. G., Martínez, S. M. C., Mojica, C. E. P., (2010). Influencia de la orientación al mercado y la innovación en la internacionalización y el desempeño de las PYMES en el estado de Aguascalientes. Revista de Micro y Pequeña Empresa. Campo Limpo Paulista. Vol. 5, No. 1, 120-133.
- [21] Rodríguez, T., F., y Brown, G., F. (2012). El proceso de innovación en el sector de alojamiento turístico mexicano. Estudios y Perspectivas en Turismo. Vol. 21, 372-387. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- [22] Vega, R., A. (2014). Estrategias tecnológicas que fortalezcan la orientación al mercado de las MIPYMES, del estado de Sonora. Tesis doctoral. UPAEP. Puebla, Puebla, México.
- [23] Carrasco A. (2005). La micro y pequeña empresa mexicana, Observatorio de la Economía Latinoamericana, Número 45, julio 2005. En <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/index.htm>
- [24] Cadena-Badilla, J. (2013). Estrategias Propuestas para Reducir el Nivel de Burnout en los Mandos Medios de las MIPYMES del Sector de Alimentos y Bebidas con un Proceso de Transformación, en el Estado de Sonora. Tesis Doctoral. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Centro Interdisciplinario de Posgrado.
- [25] Barón, F., y Téllez, F. (2004). Apuntes de Bioestadística: Tercer Ciclo en Ciencias de la Salud y Medicina. Departamento de Matemáticas Aplicada. Universidad de Málaga. <http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap02.pdf>

Procesos de Organización de la Pequeña y Mediana Industria en la Ciudad de la Latacunga

Espín Beltrán, Cristian Xavier, Eugenio Pilliza, Cristian Iván, Caisaguano Alex Marcelo

Universidad Técnica de Cotopaxi Carrera Ingeniería Industrial
cristian.espin@utc.edu.ec, Cristian.eugenio@utc.edu.ec, alex.caisaguano4024@utc.edu.ec

RESUMEN:

El presente proyecto de investigación se realizó en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) en la provincia de Cotopaxi, empleando técnicas y herramientas de investigación para recolectar datos e información que serán analizados y de esta manera conocer la situación actual de las empresas en lo referente al nivel de organización documental que las empresas poseen, para tal fin fue necesario recurrir a las Instituciones públicas y así obtener el total de las compañías, sociedades y empresas unipersonales que se encuentran en funcionamiento dentro de la provincia, además fue preciso emplear una investigación descriptiva, para la elaboración y aplicación de encuestas empleando medios electrónicos en las diferentes PYMES, para identificar los requisitos mínimos legales impuestos por las autoridades y entes gubernamentales de regulación y control quienes garantizan que los productos y servicios cumplan con las exigencias en calidad, inocuidad, seguridad y cuidado ambiental fueron obtenidos de los entes legales de control, determinando las posibles afectaciones e incidencias que reducen el desarrollo productivo de las distintas empresas por los diferentes vacíos organizativos y la carencia de las obligaciones antes mencionados impuestas por las autoridades. Una vez completa las encuestas se procedió a su respectivo análisis e interpretación, teniendo como resultado el nivel de organización que poseen las empresas, empleando escalas para la asignación de valores medibles, y de esta forma conocer el desempeño interno enfocándose en su estructura organizacional, procesos, procedimientos, funciones, permisos, licencias, manuales, certificaciones, determinando que el nivel de cumplimiento de la organización es bajo del 41% de cumplimiento y de esta manera proponer soluciones adecuadas a las necesidades expuestas, las cuales sirva de apoyo, a todas la empresas, para reducir costos innecesarios, pérdida de tiempos, y así obtener mejores resultados en productividad, calidad, seguridad, mejora continua y cuidado medio ambiental.

Palabras clave: PYMES, Estructura Organizacional, Certificaciones, Productividad.

ABSTRACT

This research project was carried out in Small and Medium Enterprises (SMEs) in the province of Cotopaxi, using research techniques and tools to collect data and information that will be analyzed and in this way know the current situation of companies in relation to at the level of documentary organization that companies have, for this purpose it was necessary to resort to public institutions and thus obtain the total of companies, partnerships and sole proprietorships that are in operation within the province, it was also necessary to use a descriptive investigation, for the preparation and application of surveys using electronic means in the different SMEs, to identify the minimum legal requirements imposed by the authorities and governmental entities of regulation and control who guarantee that the products and services comply with the requirements in quality, innocuousness, safety and environmental care were obtained s of the legal control entities, determining the possible effects and incidents that reduce the productive development of the different companies due to the different organizational gaps and the lack of the aforementioned obligations imposed by the authorities. Once the surveys were completed, they proceeded to their respective analysis and interpretation, resulting in the level of organization that the companies have, using scales for the assignment of measurable values, and thus knowing the internal performance focusing on their organizational structure, processes, procedures, functions, permits, licenses, manuals, certifications, determining that the organization's level of compliance is below 41% compliance and in this way propose adequate solutions to the exposed needs, which serve as support, to all companies, to reduce unnecessary costs, loss of time, and thus obtain better results in productivity, quality, safety, continuous improvement and environmental care.

Key words: PYMES, Organizational Structure, Certifications, Productivity

1.- INTRODUCCIÓN.

Las Pequeñas y Medianas Empresas categorizadas como PYMES, en la actualidad no necesitan solo de trabajo duro, sino que hacerlo de una manera más inteligente [1], para mantenerse en un mercado tan cambiante e inestable, tratando siempre de anticiparse y adaptarse a los cambios, optimizando tiempo y recursos, delegando responsabilidades a los colaboradores, así obteniendo tareas más sencillas, sin dejar de lado todos los requerimientos demandados por las autoridades competentes, asegurando un adecuado funcionamiento, las autoridades y entes gubernamentales de regulación y control quienes garantizan que los productos y servicios cumplan con las exigencias en calidad, inocuidad, seguridad y cuidado ambiental, por otro lado y sin pasar por alto las posibles afectaciones e incidencias que reducen el desarrollo productivo de las distintas empresas por los diferentes vacíos organizativos y la carencia de las obligaciones antes mencionados impuestas por las autoridades. Para conocer el desempeño interno enfocándose en su estructura organizacional, procesos, procedimientos, funciones, permisos, licencias, manuales, certificaciones, y de esta manera proponer soluciones a las que no cumplan con estos requisitos por medio de temas de tesis y practicas pre profesionales de los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial.

2.- METODOLOGÍA

Para establecer la base de datos de las pequeñas y medianas empresa, se recurrió a las páginas institucionales de la Superintendencia de Compañías Valores y Seguros para obtener información de todas las asociaciones legalmente constituidas en la provincia de Cotopaxi [2] y además se complementó la información por medio de indagación en la página del Servicio de Rentas Internas [3], de esta manera se determinó la existencia de 447 empresas en total entre pequeñas y medianas, de las cuales 279 están constituidas legalmente como asociaciones mientras que 168 se encuentra bajo la figura legal representada como persona natural. Se utilizo para determinar los requisitos de funcionamiento de los organismos de regulación y control, datos de Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC [4,5], agencia de regulación sanitaria ARCA [6,7,8], Ministerio de trabajo [9], Ministerio de salud [10], Ministerio del Interior. [11],

Se utilizo la encuesta para obtener información relacionada a la organización industrial, la encuesta se aplicó empleando medios electrónicos para contactar con las empresas PYMES en la provincia, para lo cual se emplearon medios electrónicos entre ellos correos electrónicos, mensajes internos en las páginas oficiales de cada organización, Messenger y WhatsApp, pese a que todas las encuestas se enviaron en su totalidad y se receptaron con normalidad, no se presentó la acogida esperada, en lo que se determinó que la principal causa es la emergencia sanitaria que se atraviesa a nivel mundial y las empresas han optado por realizar teletrabajo, datos obtenidos a través de la encuesta aplicada a las PYMES en la provincia de Cotopaxi:

3.- ANALISIS DE RESULTADOS.

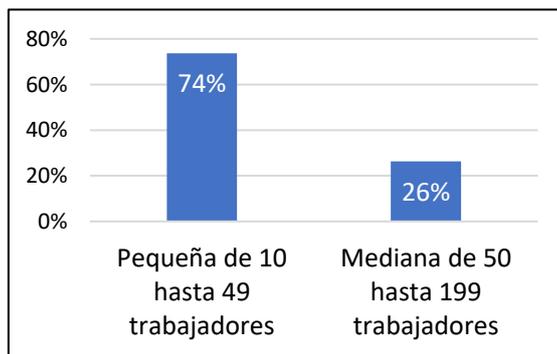


Figura 1: Clasificación de las PYMES por el número de trabajadores

Esto nos indica que del total de empresas encuestadas entre pequeñas y medianas, el mayor número está conformado por pequeñas organizaciones las cuales están funcionando en la provincia de Cotopaxi.

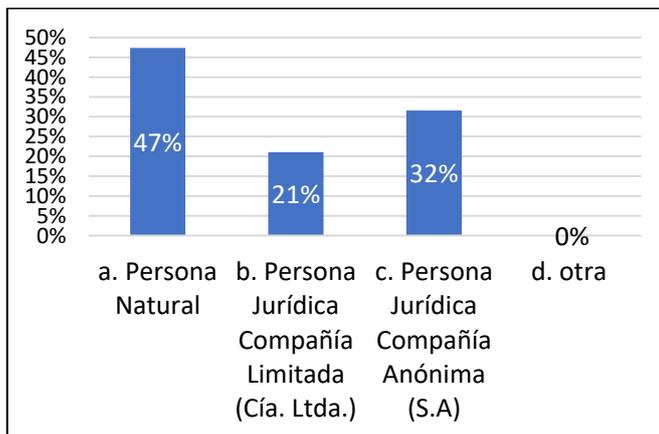


Figura 2: Constitución legal de las PYMES

Esto nos indica que el mayor número de empresas encuestadas entre Pequeñas y Medianas, están constituidas legalmente ante las autoridades como Persona Natural y el restante como sociedades entre Anónimas y limitadas.

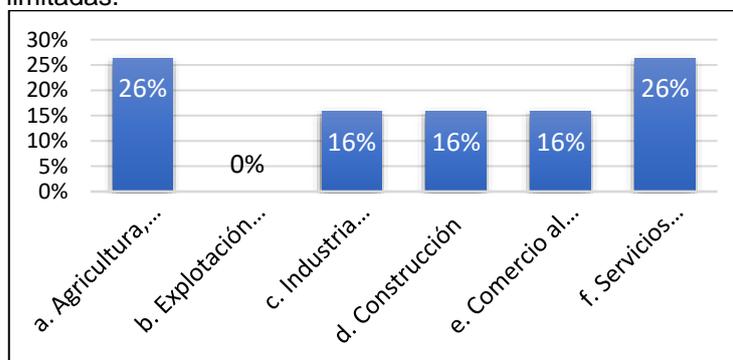


Figura 3: Clasificación por sector productivo

El estudio indica que el sector productivo con mayor concentración está constituido por empresas agrícolas y de servicios.

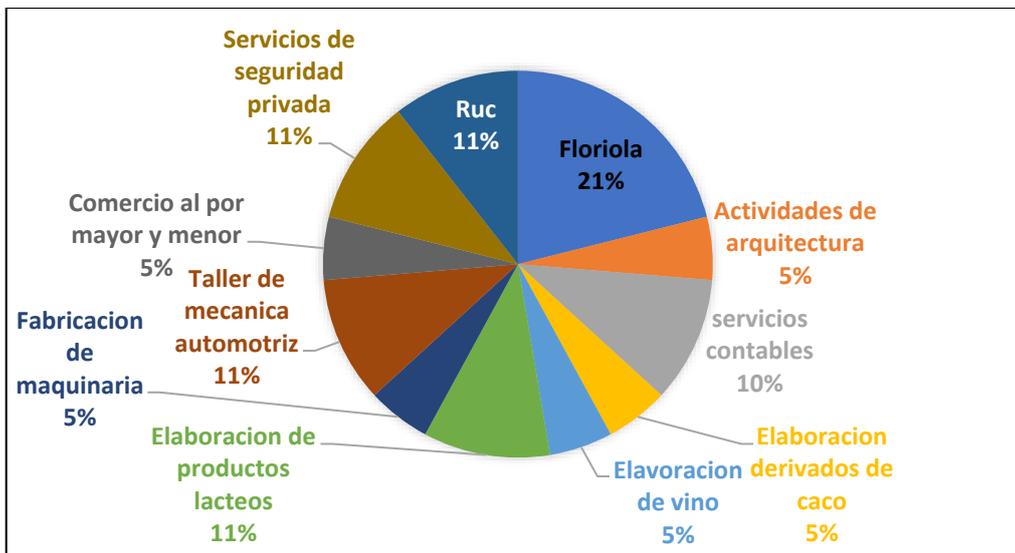


Figura 4: Clasificación por actividad económica

De esta manera los encuestados indican que el sector más grande son las PYMES del sector florícola.

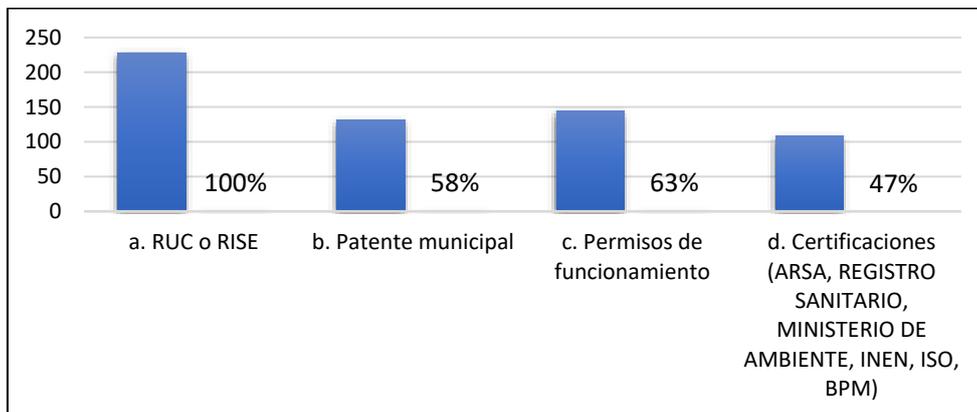


Figura 5: Requerimientos de funcionamiento

Las encuestas muestran que el RUC o RISE son los requisitos que todas las empresas sin excepción poseen para su funcionamiento responsable con el estado siendo estos los principales contribuyentes.

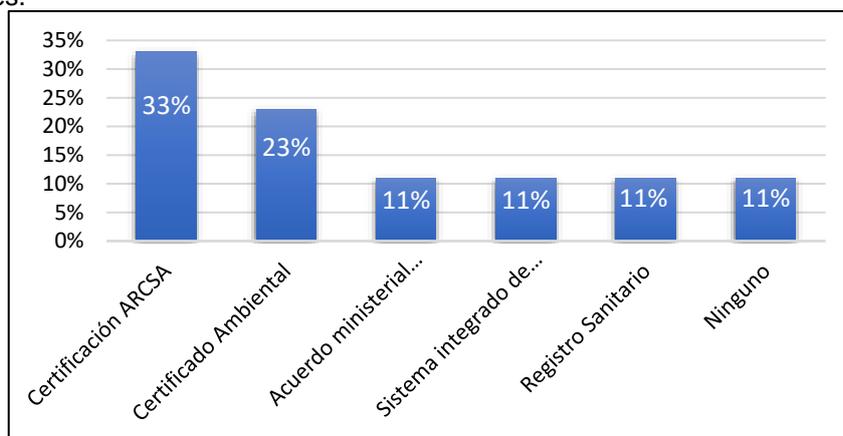


Figura 6: Especificación de los tipos de certificación

El estudio revela que la certificación ARCSA es el de mayor demanda por parte de las empresas PYMES que manipulen o procesen alimentos para consumo humano, siendo esta del sector manufacturero.

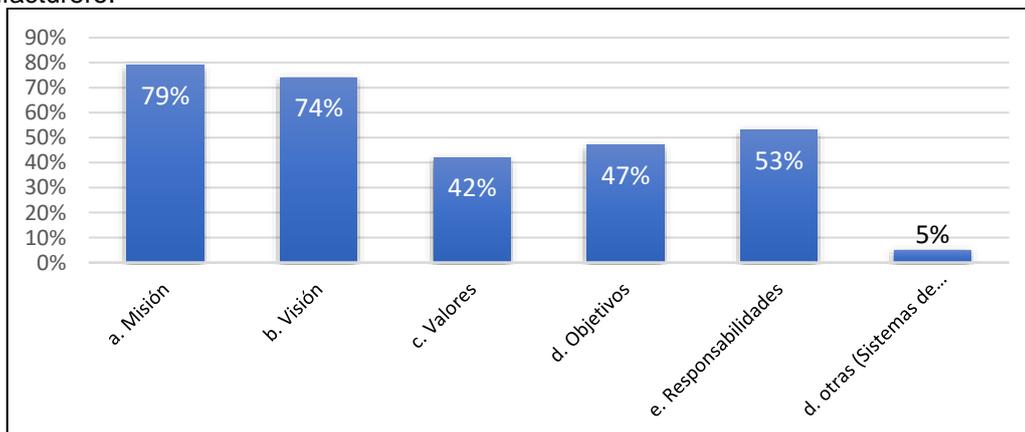


Figura 7: Pilares estratégicos que posee cada organización

Los pilares estratégicos describen de manera responsable la organización siendo la misión, el principal punto de concentración para las empresas entre Pequeñas y Medianas.

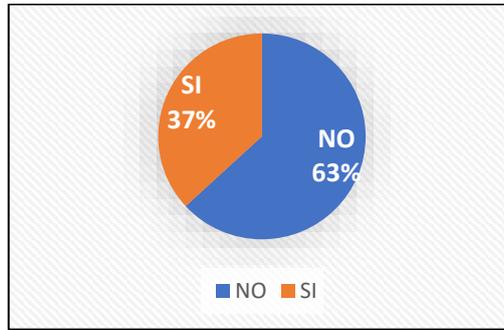


Figura 8: Empresas con un manual de funciones

El manual de funciones nace de un estudio de puestos de trabajo, describiendo cuales son las responsabilidades del empleado en su área laboral, el perfil solicitado y los métodos de evaluación, por lo tanto un manual de funciones es imprescindible para mejorar la gestión del personal, sin embargo hay un número considerable con el 63% de empresas las cuales no cuentan con el manual antes mencionado, de esta manera se puede afirmar que dichas empresas no seleccionan de una manera adecuada su personal.

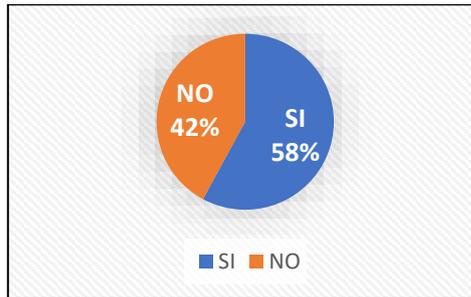


Figura 9: Empresas con un Organigrama

El estudio indica que hay una diferencia mínima entre las empresas que cuentan y no con una estructura organizacional, siendo así que el 58% de las PYMES cuentan con algún organigrama, el cual describe de manera jerárquica todas las áreas y departamentos que conforman la organización, beneficiándose de una comunicación directa entre departamentos, jefes departamentales, empleados entre otros.

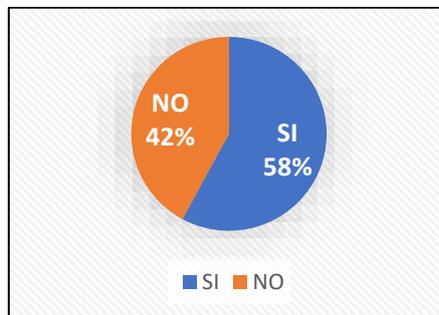


Figura 10: Empresas con la matriz de identificación de riesgos

Se observa que existe una mínima diferencia entre las empresas que poseen o no la matriz de riesgos actualizada, pese a que el ministerio de trabajo indica que es obligatorio, diferenciándose únicamente en el número de trabajadores, por lo tanto, del total de empresas encuestadas la mayor parte si poseen una matriz de riesgos, siendo el 58% de empresas entre pequeñas y medianas.

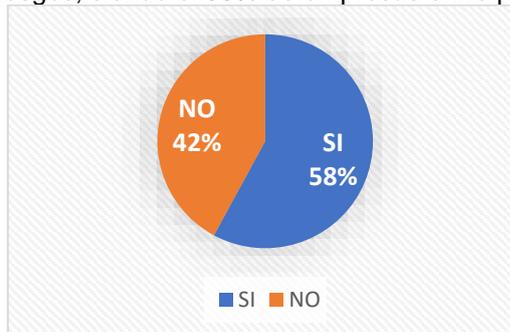


Figura 11: Empresas con Manuales de Seguridad y Salud Ocupacional

El manual es un documento que contiene normas de seguridad y salud las cuales deben ser aplicadas en las empresas que superen los 10 trabajadores, con el fin de reducir los accidentes, incidentes y enfermedades ocupacionales. Por lo que considerando los resultados obtenidos existe una diferencia mínima pero la mayor parte de las instituciones siendo estas el 58% del total de empresas encuestadas, si cuentan con el manual mencionado anteriormente.

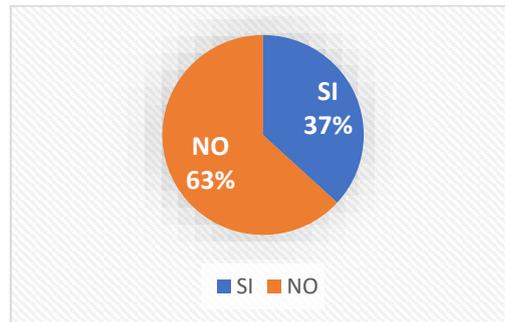


Figura 12: Empresas con un plan de emergencias

Un plan de emergencias es responsabilidad de todas las empresas, y además la participación del personal es necesaria para la protección propia y de los bienes de cada empresa, por lo que realizar ejercicios de simulación y simulacros permiten evaluar y posteriormente mejorar el plan, ante cualquier desastre natural, pese a lo antes mencionado hay empresas que no cuentan con ningún tipo de plan de emergencia alcanzando un valor de 63% del total de empresas encuestadas.

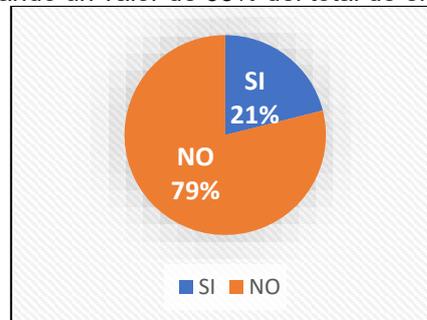


Figura 13: Empresa con diagramas de procesos de producción

Pese a que un diagrama de procesos bien estructurado presenta grandes ventajas, porque ilustra los pasos a seguir para alcanzar un propósito optimizando tiempo y dinero, en la elaboración de un producto o servicio, con los resultados obtenidos un elevado número de empresa no cuentan con el diagrama antes mencionado siendo este un 79% del valor total de empresas entre pequeñas y medianas en la provincia de Cotopaxi.

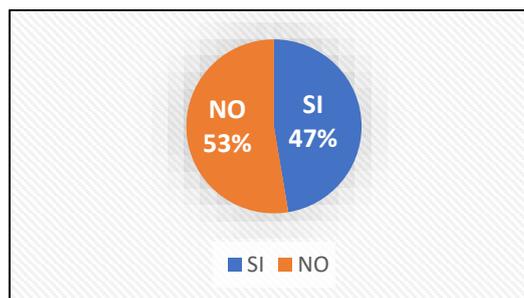


Figura 14: Empresas con manuales de procedimiento de trabajo

Un manual de procedimientos provee de forma detallada y comprensible las diferentes tareas a realizarse de manera secuencial para la obtención de un producto o servicio, aclarando cualquier duda como materiales a utilizarse, tiempo y orden, aun así, el 53% de total de empresas PYMES no cuentan con un manual de procedimiento el cual es muy útil en la ejecución de tareas nuevas y complejas.

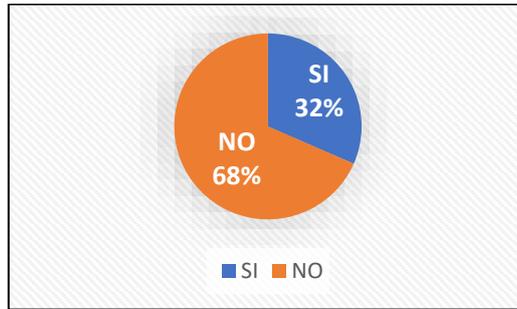


Figura 15: Maquinaria y equipos con manuales de operación

Sin embargo, existen numerosas empresas las cuales no poseen dicho manual siendo el mayor número del total de empresas encuestadas.

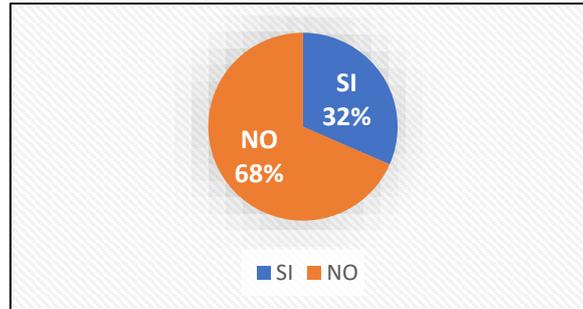


Figura 16: Empresas con plan de seguimiento de productos

Con los datos obtenidos se llega a la conclusión que la mayor parte de las empresas no cuidan a los clientes quienes por un mal servicio o producto, escogen cambiar de marca por los problemas que, si bien se pueden resolver poniendo atención a las quejas o recomendaciones, pero el 68% de las PYMES no lo considera importante.



Figura 17: Empresas con certificación o licencia ambiental

Muchas empresas no cuentan con este requisito el cual se lo puede realizar en línea y tiene un costo mínimo incluso puede llegar a ser gratuito, pero las empresas no consideran necesario la obtención de este certificado siendo el 53% del total de empresas encuestadas.



Figura 18: Empresas con personal destinado a la innovación del producto

Con los resultados podemos concluir que existe un número considerable de empresas las cuales no consideran necesario tener personal involucrado específicamente en la innovación de los productos o servicios ofertados en el mercado.

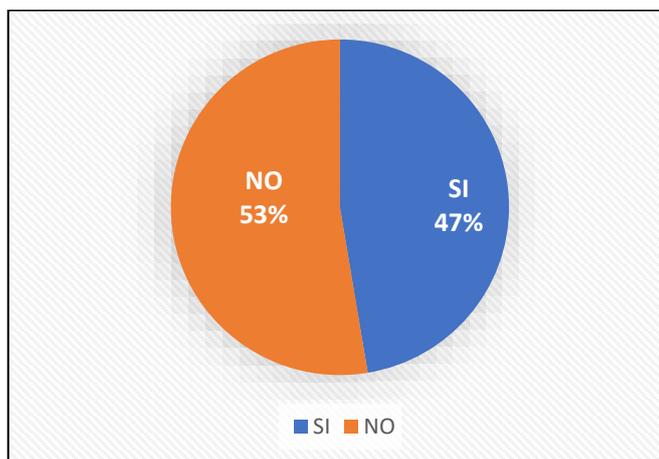


Figura 19: Empresas con planes de capacitación

Los planes de Capacitación cuales son necesarios para elevar las capacidades laborales de cada empleado cuando los puestos de trabajo presentan mayor exigencia, además de las capacitaciones exigidas por el ministerio de trabajo en materia de seguridad y salud ocupacional, necesarias para la prevención de lesiones, accidentes y enfermedades laborales que si bien no se puede mitigar se la puede reducir en gran parte y de esta manera elevar la moral de los trabajadores, debido a que se trabaja en un ambiente seguro, confortable y comprometido con los empleados.

Tabla 1. Tazas de cumplimiento Global

1. ¿La empresa dispone de un manual de funciones, a partir del periodo 2016-2019 donde se especifiquen las responsabilidades de cada puesto de trabajo, en las distintas áreas dentro de la organización?	Tasa de cumplimiento	37%
2. ¿La empresa cuenta con un Organigrama o Estructura Organizacional, que se haya actualizado en el periodo 2016-2019, donde se pueda evidenciar los departamentos, y áreas que la conforman?	Tasa de cumplimiento	58%
3. ¿La empresa cuenta con la Matriz de Identificación y Evaluación de Riesgos Laborales actualizada?	Tasa de cumplimiento	58%
4. ¿La empresa cuenta con el Manual de Seguridad Laboral y Salud Ocupacional, aprobado por el Ministerio de Trabajo?	Tasa de cumplimiento	58%
5. ¿La empresa cuenta con un plan de emergencias para dar respuesta inmediata a situaciones de desastre propias de cada organización, aprobado por la secretaria técnica de Gestión de Riesgos?	Tasa de cumplimiento	37%
6. ¿Cuenta la empresa con un Diagrama de procesos, el mismo que ilustra todo el proceso de producción o servicios?	Tasa de cumplimiento	21%
7. ¿La empresa cuenta con un Manual de Procedimientos de trabajo, donde se muestra los pasos de manera secuencial para la ejecución de tareas y fabricación de productos en el área productiva?	Tasa de cumplimiento	47%
8. ¿La maquinaria, equipos y herramientas empleadas en el proceso productivo, cuentan con sus respectivos manuales de operación?	Tasa de cumplimiento	32%
9. ¿La empresa dispone de un plan de seguimiento para los productos defectuosos o clientes insatisfechos, para tomar acciones de mejora en los bienes y servicios proporcionados?	Tasa de cumplimiento	32%

10. ¿La empresa cuenta con un Certificado o Licencia Ambiental que son requisitos solicitados por el Ministerio de ambiente, para la ejecución de actividades que puedan representar un impacto o riesgo ambiental, por acciones propias de la organización?	Tasa de cumplimiento	47%
11. ¿La empresa cuenta con un equipo de trabajo destinado especialmente al mejoramiento e innovación del producto, para obtener mejores oportunidades de mercado?	Tasa de cumplimiento	42%
12. ¿La empresa genera planes de capacitación y adiestramiento basado en las necesidades propias de cada área, técnica y administrativa?	Tasa de cumplimiento	47%

Algunas empresas cumplen unos requisitos de organización y otros no lo cumplen siendo algunos de carácter obligatorio el promedio de cumplimiento total es del 41%. Dando la oportunidad de ayudar a cumplir estos requisitos por medio de temas de titulación, practicas preprofesionales con estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial.

4.- DISCUSIÓN.

Del análisis realizado pudimos identificar del grupo de pequeñas y medianas industrias que participaron del proyecto el nivel de cumplimiento de los requisitos legales y organizacionales evidenciando que fue muy bajo el cumplimiento de los requisitos y otros no se tiene.

Esto nos permite identificar que faltan requisitos por cumplir que son indispensables para el correcto funcionamiento organización de las pequeñas y medianas industria en la ciudad de Latacunga lo que genera un incumplimiento en la normativa legal y organizacional por lo que es fundamental apoyar a estas industrias a cumplir todos los requisitos legales y de organización para alcanzar un estándar alto de cumplimiento y que ayude a la organización y al desarrollo organizacional.

Lo que nos permite como Carrera de Ingeniería Industrial apoyar para el cumplimiento de los requisitos legales y organizacionales por medio de tesis, prácticas pre profesionales o actividades de servicio a la comunidad que nos permitirán ayudar a las pequeñas y medianas industrias a cumplir los requisitos legales y organizacionales generando un aporte a este sector productivo y sobre todo cumplir con los requisitos obligatorios.

5.- CONCLUSIONES.

- Del análisis realizado se determina que el único requisito 100% cumplido es el del ruc.
- Los demás requisitos son cumplidos en un porcentaje bajo dando una media de cumplimiento del 43% de todos los requisitos y algunas no se han cumplido.
- Se obtuvo un 57% de los requisitos que no son cumplidos.
- Las organizaciones tienen un nivel alto de desconocimiento de los requisitos legales y organizacionales que deben cumplir.
- El requisito menos cumplido con un 21% fue el referente a si tienen los diagramas de procesos de producción y servicios.

6. REFERENCIAS

[1] García, Á. A. (1997). *Conceptos de organización industrial* (Vol. 62). Marcombo.

[2] SUPERCAS. (2019). Obtenido de <https://appscvs.supercias.gob.ec/rankingCias/>.

[3] SRI. (2015). Obtenido de <http://www.ecuadorlegalonline.com/sri/pymes/>

[4] INEC. (24 de 08 de 2014). *Instituto Nacional de Estadísticas y Sencos*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-80-de-las-empresas-en-ecuador-no-invierten-en-proteccion-ambiental/>

- [5] INEC. (2015). *Clasificación Nacional de Actividades Económicas*. Obtenido de <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/metodologias/CIU%204.0.pdf>
- [6] ARCSA. (06 de 2017). Obtenido de http://permisosfuncionamiento.controlsanitario.gob.ec/download/Instructivos/Instructivo_permiso_funcionamiento.pdf
- [7] ARCSA. (06 de 2017). Obtenido de http://permisosfuncionamiento.controlsanitario.gob.ec/download/Instructivos/Instructivo_permiso_funcionamiento.pdf
- [8] BPM ARCSA. (02 de 2018). Obtenido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/>
- [9], Ministerial, A. (20 de 10 de 2017). *Ministerio de trabajo*. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/AM-135.-INSTRUCTIVO-PARA-EL-CUMPLIMIENTO-DE-LAS-OBLIGACIONES-DE-EMPLEADORES.pdf>
- [10], MINISTERIO DE SALUD. (16 de 10 de 2015). Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/A-4712-Reglamento_otorgar_Permisos_funcionamiento_Establecimientos.pdf
- [11], MINISTERIO DEL INTERIOR. (2017). Obtenido de <https://www.gob.ec/mdg/tramites/permiso-funcionamiento-locales-establecimientos-regulados-ministerio-gobierno-correspondientes-categorias-123-8>

Área C



Gestión de
Operaciones
y Logística



Índice



Título del Trabajo	Código
Influencia de la Composición de los Salares en la Selección del Mejor Método Productivo para Obtener Carbonato de Litio	CO21-C01
Mejora de almacenamiento en la Gestión de Residuos Informáticos	CO21-C03
Un caso de mejora en los procesos de prevención de óxido en piezas de exportación en una automotriz	CO21-C04
Análisis del rendimiento productivo en el sector de aserraderos: aplicación de modelos de regresión lineal	CO21-C05
Modelo exacto para el dimensionamiento del tamaño de pedidos con deterioro de los insumos	CO21-C07
Aplicación de la programación lineal en el planeamiento de la producción de una acería	CO21-C08
Plan de Continuidad de Negocio para la Reactivación de la Productividad de las Industrias Químicas en Tiempos de Pandemia de Covid-19	CO21-C11
Una estrategia de resolución biobjetivo para la secuenciación de operaciones en un sistema flow shop con preparaciones dependientes de la secuencia y restricciones de espacio	CO21-C12
Metodología de selección de proyectos de infraestructura exclusiva de transporte público en diferentes niveles de intervención. Caso de estudio ciudad de Santa Fe	CO21-C17
Implementación del plan de mantenimiento en una maquiladora para mejorar la confiabilidad del mantenimiento	CO21-C21
Análisis de la Cadena de Valor Alimentaria de Menú Saludable Elaborado en Planta Piloto de Fica-Unsl Mediante Procesos Sustentables y con Materias Primas Regionales	CO21-C22
Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en una empresa distribuidora de productos metalúrgicos de la ciudad de Mar del Plata	CO21-C23
Combinación de modelos de pronósticos de suavización y máximos para la determinación de políticas de abastecimiento	CO21-C24
Mejora continua y simulación aplicados a un proceso de preparación de pedidos de una pyme textil	CO21-C27
Optimización de la cadena de suministro forestal para la producción de bioenergía y productos de alto valor agregado integrando decisiones de planificación forestal	CO21-C28
Pronóstico del consumo de conservas de pescado para un proyecto industrial pesquero	CO21-C30
Análisis de las etapas de un proceso de manufactura de papel aluminio a partir de un estudio de tiempos.	CO21-C31
Gestión de la Cadena de Suministros para Mejorar los Procesos de Abastecimiento y Distribución de Bienes y Alimentos en Comedores Populares, en el Escenario de La Pandemia Covid 19	CO21-C32

Influencia de la Composición de los Salares en la Selección del Mejor Método Productivo para Obtener Carbonato de Litio.

Thames Cantolla, Martin*; Valdez, Silvana Karina; Orce Schwarz, Agustina

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.

Av. Bolivia 5150 – Salta Capital – CP:4400.

core.mtc@hotmail.com; skvaldez@gmail.com; agustina.orce@gmail.com

RESUMEN

Los salares de la puna argentina se encuentran conformados por diversos elementos químicos en distintas concentraciones. Entre ellos el litio es el de mayor importancia económica por su aplicación mundial en la fabricación de baterías. El método de tratamiento depende de las concentraciones iniciales y de los recursos y tecnologías disponibles. El objetivo de este trabajo es determinar cómo la composición inicial de un salar influye en la selección del método productivo para obtener carbonato de litio. Para ello, se realizó la simulación, empleando Aspen Plus v11, de 3 procesos diferentes utilizando 4 salmueras de distintos salares. Los procesos corresponden a aquellos utilizados por las principales mineras de la región. Primero se fijó igual volumen de entrada de salmuera y luego, la salida en 1 t de carbonato de litio. Como resultado, se obtuvieron: la cantidad de insumos necesarios; los productos de colas; entre otros. Luego, se compararon los resultados realizando un análisis de sensibilidad mediante la variación del grado de concentración de las salmueras. Con esto se pudo determinar qué proceso es el mejor de acuerdo a la composición inicial del salar. Este trabajo puede ser empleado por las nuevas empresas mineras que deseen analizar el comportamiento de la salmuera a la que tienen acceso, a partir de los recursos disponibles y seleccionar el proceso que les resulte en un mayor rendimiento.

Palabras Claves: litio, procesos productivos, salares, simulación.

ABSTRACT

The salt flats of the Argentinian Puna contain several chemical elements in different concentrations. Among them, lithium is the most economically important due to its worldwide application in the manufacture of batteries. Treatment methods are dependent on initial concentrations and available resources and technologies. In this work, the simulation of three different processes was carried out, using Aspen Plus v11. There were used 4 brines from different salt flats. The processes studied correspond to those used by the main mining companies in the region. The same volume of brine inlet was first set and then the outlet was set to 1 t of lithium carbonate. As a result, the following were obtained: the amount of necessary inputs and by-products, among others. The results were compared by performing a sensitivity analysis by varying the degree of concentration of the brines. In consequence, it was possible to determine which process is the best according to the initial composition of the salt flat. This work can be used by new mining companies that wish to analyze the behavior of the brine to which they have access, based on the available resources and select the process that results in the best performance.

Keywords: lithium, production processes, salt flats, simulation.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el mercado mundial del litio ha tenido un incremento notable debido a la creciente demanda por parte de los fabricantes de baterías para distintas aplicaciones, en donde la industria automotriz es el principal demandante con casi un 40% del mercado, demanda que, según proyecciones, alcanzaría a más de dos tercios de la demanda mundial para el año 2025 [1,2]. Desde esta visión, se observa con gran atractivo a los salares sudamericanos enriquecidos en litio, ya que presentan una gran disponibilidad de recursos y costos operativos competitivos [1,2]. En Sudamérica la cuarta reserva mundial de litio se localiza en Argentina (país integrante del “triángulo del litio” junto a Bolivia y Chile) representando un desafío local y regional, superar un esquema de extracción minera de litio de alto valor tecnológico [3-5].

De acuerdo a la Secretaría de Minería de Salta, en el país existen alrededor de 50 proyectos de extracción de litio en desarrollo, y 12 de ellos están ubicados en la provincia. De estos últimos, 2 se encuentran en fase avanzada para estar en producción para el 2022. Por ello, las principales expectativas del gobierno nacional para que el país se convierta en el segundo productor mayoritario de litio a nivel mundial en el año 2022, están puestas en Salta [5].

Una empresa que desea iniciar una explotación económica de litio, debe identificar el salar y determinar sus características geológicas, como así también caracterizar la salmuera que este provee. Una vez establecida la factibilidad operativa del salar, se procede al desarrollo o selección del proceso productivo para transformar la salmuera en el producto deseado, en este caso, carbonato de litio (Li_2CO_3) [4-6]. Este desarrollo o selección del proceso productivo se encuentra íntimamente vinculado con el tipo y calidad de la salmuera a tratar. En un proceso típico de obtención de carbonato de litio, se encuentran presentes las etapas de: evaporación, purificación, encalado, tratamiento con resinas, entre otros [7,8].

Encontrar una vinculación entre las variables de entrada y salida puede resultar beneficioso para la empresa minera, ya que permitiría encontrar el funcionamiento óptimo del proceso, obteniendo de esta manera un alto rendimiento sin la necesidad de incurrir en un gasto innecesario de recursos [8-10].

Sin embargo, la elección del método de extracción es quizás una de las actividades más críticas y problemáticas en la minería. El objetivo de elegir un método de procesamiento es maximizar las ganancias de la empresa y la recuperación de recursos minerales, y proporcionar un entorno seguro al elegir el método correcto con el menor número de problemas entre las alternativas factibles [9-11]. Esta elección es una tarea compleja que requiere la consideración de muchos factores, como por ejemplo la composición de la salmuera, el clima, la tecnología disponible, entre otros. Podemos decir que un método de extracción adecuado es aquel técnicamente factible en términos económicos, geológicos, sociales y es una operación de bajo costo [10,12]. No existe un método adecuado para todos los yacimientos mineros. Particularmente, los salares en donde se encuentran concentraciones económicas de litio para su explotación, presentan propiedades y características diversas entre sí. Aspecto que es válido incluso en salares que pertenecen a una misma zona geográfica [10,11,13].

La estrategia de utilizar el mismo método de extracción que el salar más próximo no siempre es reproducible en el salar de interés. Sin embargo, esto no significa que no se pueda aprender comparando los planes mineros de operaciones existentes en la misma zona o depósitos similares [10]. Cada depósito tiene sus propios atributos únicos, y la selección del método correcto es una tarea de la persona o grupo que toman las decisiones operativas. Aunque la experiencia y el juicio de la ingeniería aún brindan información importante para elegir los métodos de extracción, generalmente solo a través de un análisis detallado de los datos disponibles se pueden distinguir los matices de cada depósito. La elección del mejor método productivo, debe garantizar que todos los factores se consideren con su correspondiente nivel de importancia, sin embargo, debe considerarse que algunas ocasiones no se cuenta con la persona o el grupo adecuado de especialistas para seleccionar el mejor método [8,10,13].

El objetivo de este trabajo es determinar cómo la composición inicial de un salar influye en la selección del método productivo para obtener carbonato de litio. Para ello, se realizó la simulación, empleando Aspen Plus v11, de 3 procesos diferentes utilizando 4 salmueras de distintos salares. Los procesos estudiados corresponden a aquellos utilizados por las principales mineras de la región. Como resultado, se obtuvieron, fijando la salida en 1 t de carbonato de litio, los volúmenes de salmuera procesadas; la cantidad de insumos necesarios; los productos de colas; entre otros. Luego, se compararon los resultados realizando un análisis de sensibilidad mediante la variación del grado de concentración de las salmueras. Con esto se pudo determinar qué proceso es el mejor de acuerdo a la composición inicial del salar. Este trabajo puede ser empleado por las nuevas empresas mineras que deseen analizar el comportamiento de la salmuera a la que tienen acceso, a partir de los recursos disponibles y seleccionar el proceso que les resulte en un mayor rendimiento.

1.1 Aspen Plus.

El software llamado Aspen (Sistema Avanzado para Ingeniería de Procesos) es utilizado en diferentes industrias para la simulación de procesos químicos mediante la representación en

diagramas de flujo [8, 9]. Este software originado en 1970 puede ser empleado en casi todas las áreas de la ingeniería de procesos, desde la etapa del diseño hasta el análisis de costos y rentabilidad. Cuenta con una biblioteca de elementos y compuestos químicos, como así también de equipos típicos de la industria como ser: columnas de destilación, intercambiadores de calor, separadores y reactores, entre otros [14-17].

Mediante la simulación de procesos, se puede representar un proceso productivo en el cual tienen lugar transformaciones físicas y químicas, a través de modelos matemáticos vinculados a balances tanto de materia como de energía, ecuaciones cinéticas, equilibrio de fases, entre otros [14].

Al utilizar un simulador de procesos, resulta posible:

- Predecir el comportamiento de un proceso químico.
- Analizar diferentes escenarios al modificar variables.
- Optimizar un proceso, ya sea por etapa o en su totalidad.
- Implementar mejoras o agregar etapas a un proceso.

Cabe destacar que este software es capaz de realizar simulaciones tanto en estado estacionario como en estado dinámico y por ello hacen de éste uno de los simuladores más empleados a nivel mundial. En la Figura 9 se presenta una vista de la pantalla de carga de datos del simulador.

De forma general se puede indicar que los pasos a seguir para realizar una simulación en Aspen Plus son los siguientes [14-19]:

1. Definir el flowsheet del proceso, con sus unidades de operación, corrientes de entrada y salida.
2. Establecer los componentes químicos en el proceso.
3. Seleccionar los modelos termodinámicos (presentes en el banco de datos de Aspen) para representar las propiedades físicas.
4. Definir los caudales de las corrientes.
5. Definir las condiciones de operación de los equipos.
6. Vincular los equipos mediante las corrientes de material.
7. Verificar que todos los datos requeridos por el simulador para ejecutar la simulación se encuentren cargados correctamente y en las unidades correspondientes.
8. Ejecutar la simulación.

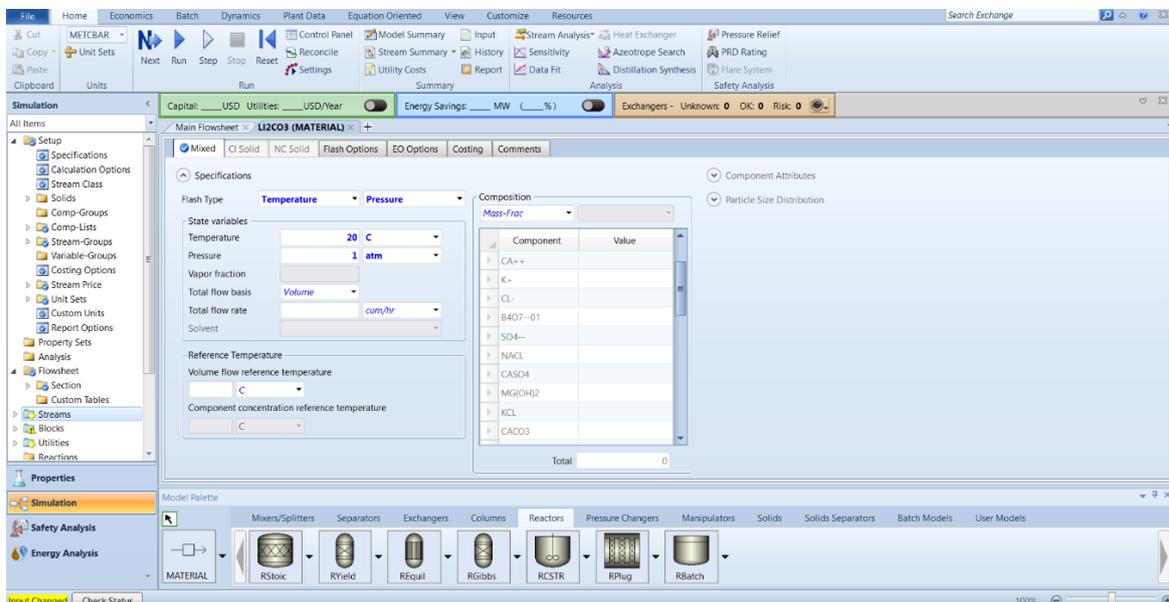


Figura 9. Pantalla de carga de datos en Aspen Plus v11

Finalmente, entre las principales funciones que podemos aprovechar de este simulador, se encuentran [15-18]:

- Generación de gráficos y tablas.
- Estudio de casos.
- Dimensionado y evaluación económica de equipos.
- Estimación de propiedades químicas y termodinámicas.
- Optimización de procesos.
- Ajustes de datos experimentales.

- Determinación de consumos energéticos.
- Análisis de curvas de funcionamiento.

2. METODOLOGIA

Para poder determinar cómo influye la composición inicial de un salar en la selección del método productivo para producir carbonato de litio, se realizaron simulaciones en Aspen Plus v11, empleando diferentes procesos de producción que actualmente siguen 3 empresas mineras de la zona y a su vez, empleando como materia prima diferentes salmueras de la región (4 en total). De acuerdo a esto, se siguieron 5 etapas que se describen a continuación:

2.1 Selección de los procesos a analizar

En primer lugar, se determinaron los procesos a estudiar. Para lograr una aplicación práctica, se seleccionaron 3 procesos que son utilizados por empresas litieras del medio. Se los nombraron como Proceso 1, Proceso 2 y Proceso 3. Cada uno de ellos presenta diferencias en el modo de recuperar litio de la salmuera. El Proceso 1 consiste en una concentración por evaporación y purificación por reactivos. Los Procesos 2 y 3, consisten en una purificación mediante adsorción con resinas y la obtención intermedia de subproductos. Al ser confidenciales, no es posible brindar mayores detalles sobre ellos.

Para una mejor visualización de los datos, se han asociado colores por cada proceso, tal como lo observado en la Figura 10.

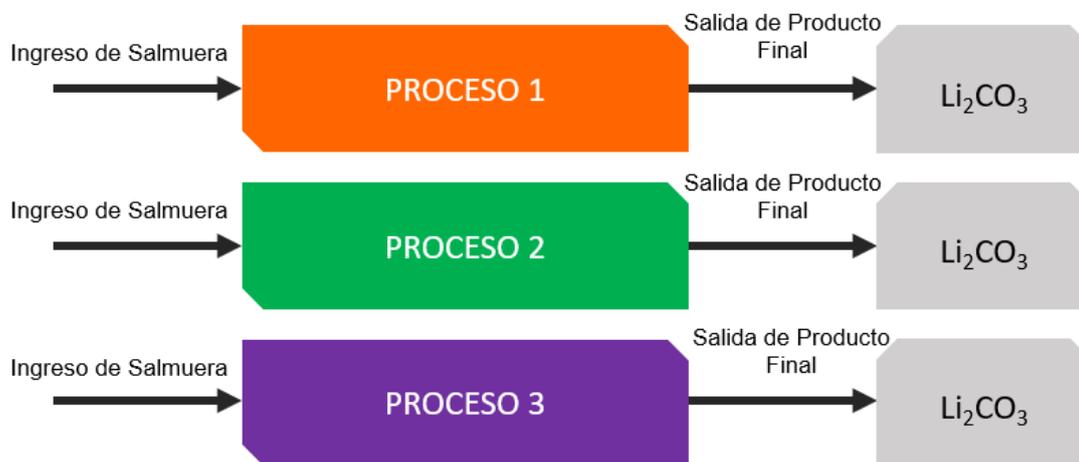


Figura 10. Procesos de producción de Li_2CO_3 con colores asociados

2.2 Selección de salmueras

Las salmueras presentan distintas composiciones incluso en pozos de un mismo salar, por ello se consideró necesario no limitar la simulación a una única salmuera sino utilizar 4 distintas provenientes de diferentes salares de la región. A las mismas se las nombró como Salmuera A, B, C y D.

En la Tabla 15 se presentan las concentraciones, expresadas en fracción másica, de algunos iones presentes en las salmueras utilizadas para este trabajo. Estos iones a su vez, se encuentran presentes entre los productos y subproductos que es posible obtener con los diferentes procesos estudiados.

Tabla 15. Composiciones de las 4 salmueras empleadas

Composición inicial (fracción másica)	Salmuera A	Salmuera B	Salmuera C	Salmuera D
[Li ⁺]	0,00069	0,00066	0,00094	0,00018
[Mg ⁺⁺]	0,00627	0,00152	0,00265	0,00398
[SO ₄ ⁻]	0,00672	0,00845	0,00200	0,00034
[Na ⁺]	0,06348	0,09186	0,08930	0,07340
[K ⁺]	0,00656	0,00682	0,00568	0,00117

De la misma se observa la diferencia existente entre las concentraciones de las distintas salmueras y aquí cabe destacar que la Salmuera D, presenta la menor concentración de litio con respecto al resto.

Toda la información de las salmueras, y de las condiciones operativas de los procesos, fue provista por el banco de datos del Instituto de Beneficios de Minerales (INBEMI) de la Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería.

2.3 Primera simulación en Aspen

Una vez determinados los procesos a analizar y seleccionadas las salmueras a estudiar, se procedió a realizar la simulación en Aspen Plus [14-22]. Para los 3 procesos se cargaron:

- Los iones presentes en la salmuera a estudiar.
- Las unidades de medida.
- La composición química inicial de la salmuera a estudiar.
- Los flujos de materia prima.
- El flujo de salida del producto final (Li_2CO_3).
- Equipos intervinientes por etapa y su eficiencia.
- Las corrientes de entrada y salida por equipo.
- Temperaturas y presiones.

Estas primeras simulaciones se ejecutaron para cada uno de los procesos y cada una de las salmueras, obteniéndose las tablas de resultados iniciales en donde se presentaban los resultados operativos para las condiciones iniciales cargadas.

2.4 Ejecución de la simulación con distintos valores de entrada

Se ejecutó la simulación en Aspen Plus de forma iterativa, asignando distintos valores al nivel de evaporación (concentración) de la salmuera. Para realizar esto de forma automática, se empleó la función "Sensitivity Analysis" que trae incorporada el simulador. Esta función permite que se ejecute la simulación, para cada uno de los valores que el usuario establece para una o un conjunto de variables de entrada [14-22]. Cabe destacar que, en este punto, se estableció un intervalo de valores de evaporación de [0%, 60%] ya que dichos valores contemplan los valores mínimo y máximo, aplicados por las empresas mineras.

Mediante esta función, se ejecutaron en promedio 3.000 iteraciones para cada uno de los procesos y cada una de las salmueras.

2.5 Análisis de datos

Una vez realizadas las simulaciones, se volcaron los datos a una planilla de cálculo de Excel, en donde fue posible ordenarlos y analizarlos. A partir de esto, fue posible la realización de los gráficos de resultados que se presentan en la siguiente sección.

3. RESULTADOS

Se pudo realizar 12 simulaciones diferentes combinando los 3 procesos y las 4 salmueras estudiadas. A partir de allí se realizó el "Sensitivity Analysis" para generar las iteraciones con los diferentes valores de evaporación (concentración). Los resultados de las mismas se presentan a continuación. Las variables estudiadas (volumen de salmueras y t de carbonato de litio), se presentan según su máximo valor obtenido considerando el rango de evaporación (0%-60%):

3.1 Cantidad de Li_2CO_3 que podría obtenerse con igual volumen de entrada de salmuera.

En primer lugar, se analizó la cantidad de Li_2CO_3 que sería posible obtener por cada proceso al ingresar el mismo flujo volumétrico de salmuera. En este caso se introdujeron $593 \text{ m}^3/\text{h}$ de salmuera. El software calculó las t de carbonato de litio para cada nivel de evaporación. Se encontró un mismo máximo de producto final para los distintos valores de evaporación en cada salmuera (Figuras 3 a 5).

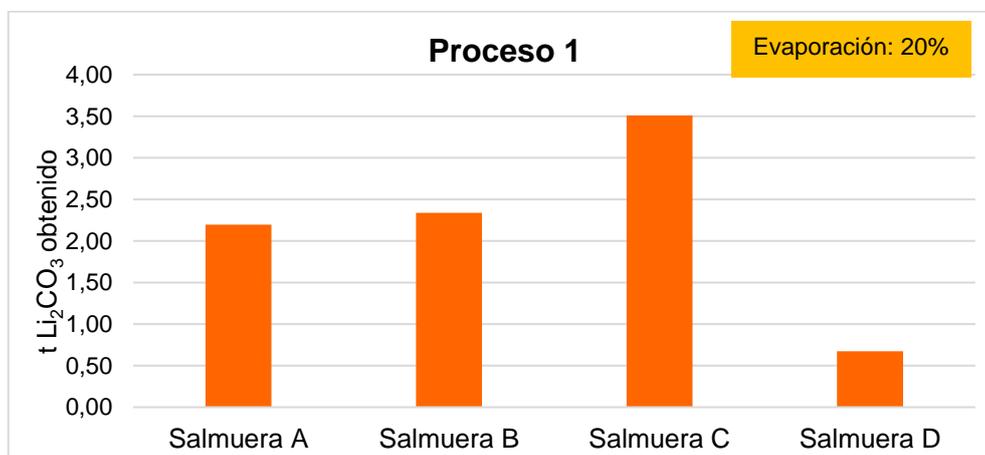


Figura 11. Li_2CO_3 obtenido con el mismo flujo volumétrico de entrada de salmuera utilizando el Proceso 1

De la Figura 3 se observa que en el Proceso 1, la Salmuera C es la que mayor cantidad de Li_2CO_3 permite obtener (3,50 t), seguida por la Salmuera B con 2,30 t y la A con 2,10 t.

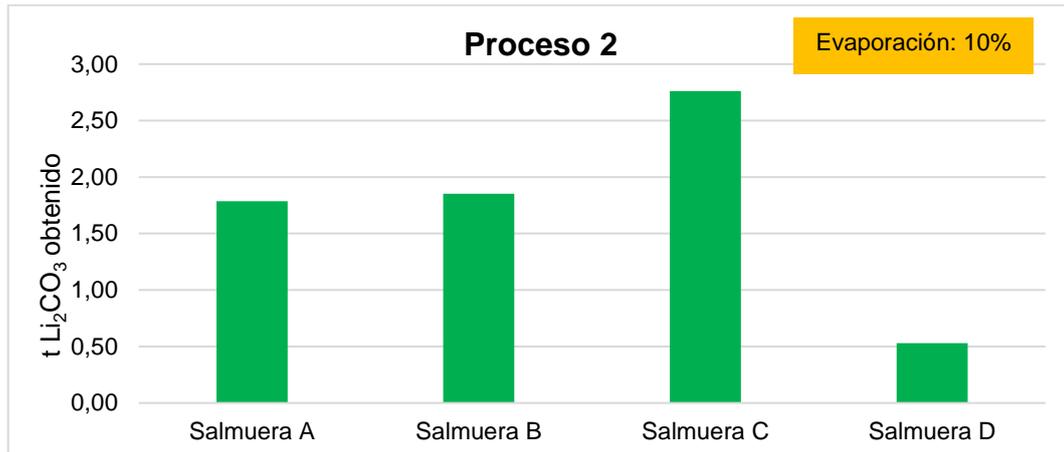


Figura 12. Li_2CO_3 obtenido con el mismo flujo volumétrico de entrada de salmuera utilizando el Proceso 2

El Proceso 2 por su parte, presenta un rendimiento similar al anterior al utilizarse la Salmuera C. Sin embargo, la cantidad de Li_2CO_3 resultante es inferior por 250 kg (3,25 t). Las Salmueras A y B también presentan cantidades significativas de producto final (1,75 t y 1,85 t respectivamente).

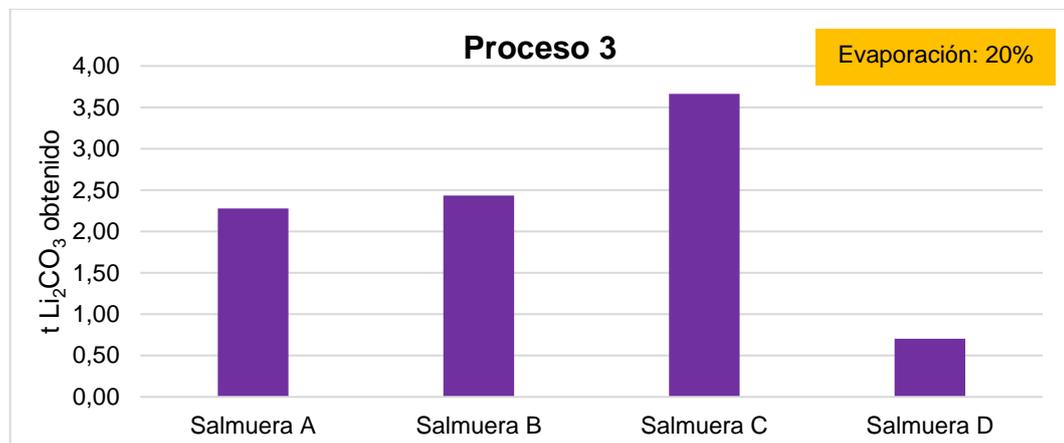


Figura 13. Li_2CO_3 obtenido con el mismo flujo volumétrico de entrada de salmuera utilizando el Proceso 3

Con respecto al Proceso 3, es el que mejor resultados presenta tanto para las Salmueras A, B y C. Con una cantidad máxima de Li_2CO_3 de 3,70 t para la Salmuera C.

Finalmente, al presentar un rendimiento similar independiente del tipo de proceso utilizado, la Salmuera D es la que presenta menor rendimiento, rondando valores de Li_2CO_3 obtenido de entre 0,52 y 0,65 t. En cuanto a los niveles de evaporación los Procesos 1 y 3 no presentan diferencias; el Proceso 2 necesita una evaporación menor dado que emplea resinas para retener el litio, en consecuencia, la concentración de litio afectará al tamaño de los equipos y a las variables operativas.

3.2 Cantidad de subproductos que podrían obtenerse al producirse 1 t de Li_2CO_3 .

En segundo lugar, se analizó la cantidad de subproductos (cloruro de sodio, cloruro de potasio, hidróxido de magnesio y yeso) que podrían obtenerse en simultaneo por cada uno de los procesos y salmueras, al producirse 1 t de Li_2CO_3 . En las Figuras 6 a 8, se presentan los resultados correspondientes. Los niveles de evaporación de cada salmuera corresponden a los presentados en las Figuras 3 a 5.

De las figuras puede observarse que, para los 3 procesos, la Salmuera D es la que presenta la mayor cantidad de subproductos a obtenerse con cantidades que van desde los 92 t (Proceso 3) hasta las 223 t (Proceso 1).

También resulta notorio que el Proceso 1 es el que permite obtener la mayor cantidad de subproductos por cada tonelada de carbonato de litio que se produce. Seguido de este, el Proceso 2 permite obtener cantidades significativas de subproductos.

En esta simulación, el Proceso 3 es el que menor cantidad de subproductos permite obtener durante la obtención de Li_2CO_3 .

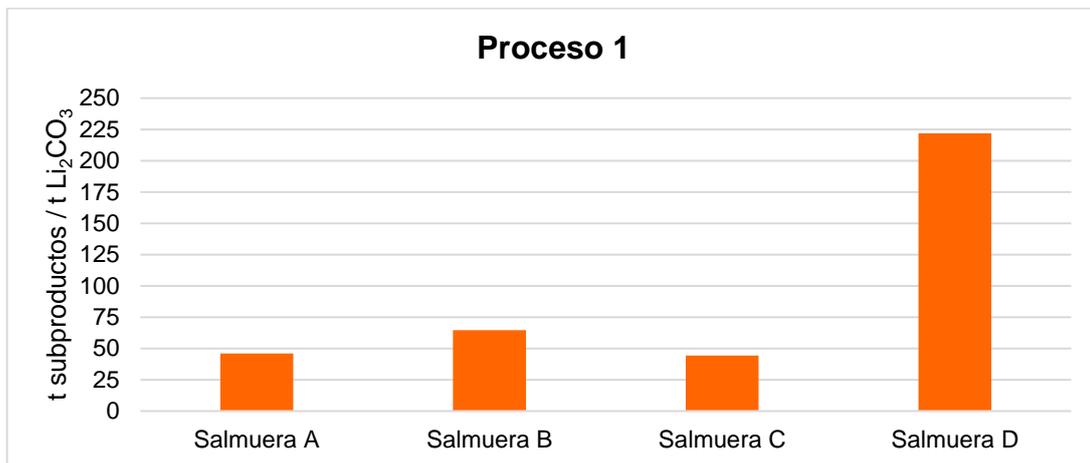


Figura 14. Toneladas de subproductos a obtenerse por cada t de Li_2CO_3 producido utilizando el Proceso 1

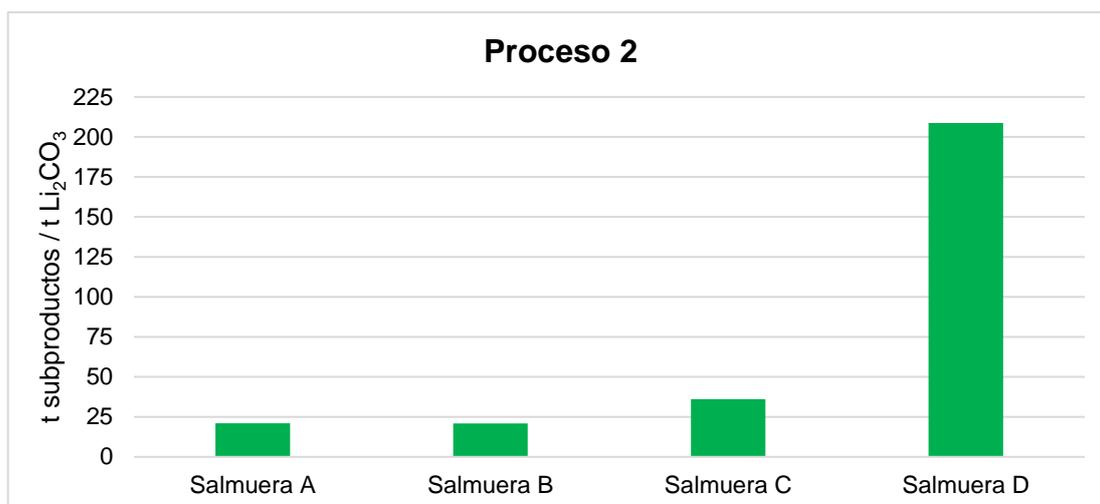


Figura 15. Toneladas de subproductos a obtenerse por cada t de Li_2CO_3 producido utilizando el Proceso 2

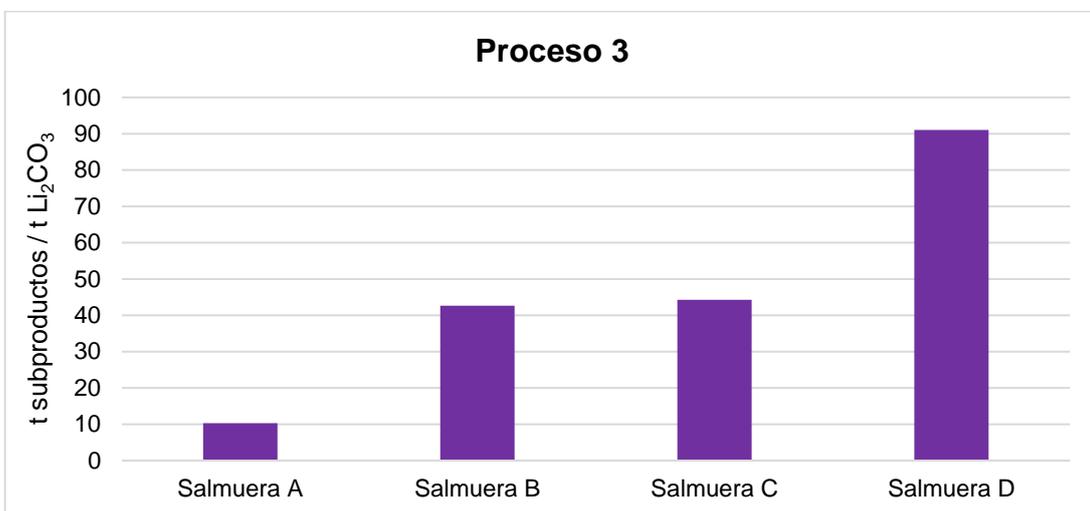


Figura 16. Toneladas de subproductos a obtenerse por cada t de Li_2CO_3 producido utilizando el Proceso 3

3.3 Cantidad de insumos requeridos por proceso para obtener 1 t de Li_2CO_3

En tercer lugar, se analizó la cantidad (en toneladas) de insumos requeridos por cada proceso y salmuera, para obtener 1 tonelada de carbonato de litio. En las Figuras 9 a 11 se presentan los resultados obtenidos para estas simulaciones. Los niveles de evaporación de cada salmuera corresponden a los presentados en las Figuras 3 a 5.

Se observa que el Proceso 1 es el que consume la mayor cantidad de insumos, independiente del tipo de salmuera con la que se esté trabajando. Aquí, la Salmuera D es la que más toneladas de insumo requiere para obtener 1 tonelada de carbonato de litio. Esto es así por su baja concentración de litio y alta concentración en “impurezas” que deben eliminarse durante el proceso.

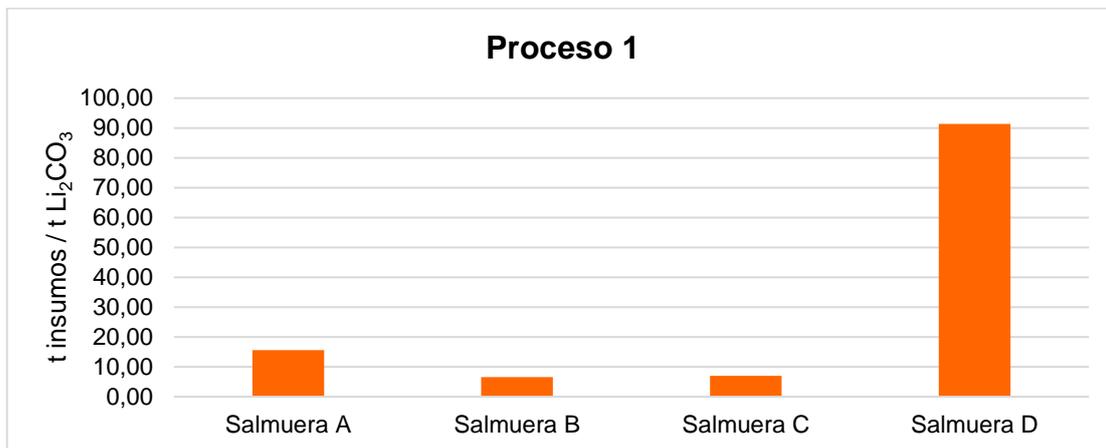


Figura 17. Cantidad de insumos necesarios para obtener 1 t de Li_2CO_3 utilizando el Proceso 1

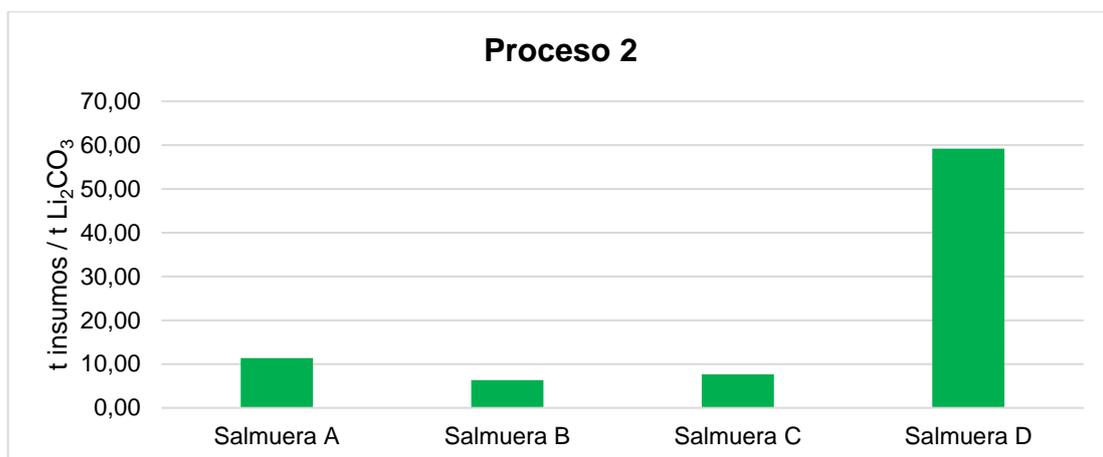


Figura 18. Cantidad de insumos necesarios para obtener 1 t de Li_2CO_3 utilizando el Proceso 2

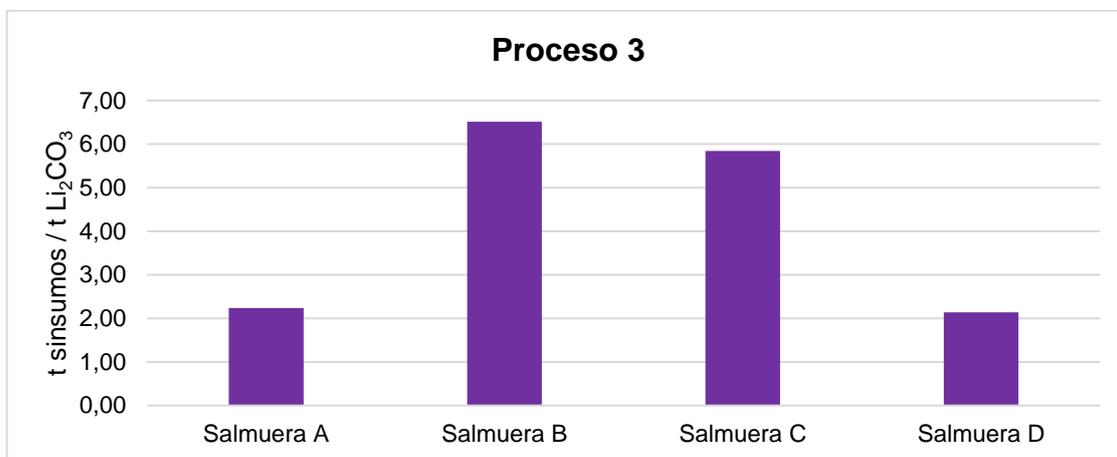


Figura 19. Cantidad de insumos necesarios para obtener 1 t de Li_2CO_3 utilizando el Proceso 3

El Proceso 3 es el que menor cantidad de insumos requiere, esto es así para las 4 salmueras. Aquí, las Salmueras A y D, son las que menor cantidad de insumos requieren para obtener 1 t de Li_2CO_3 .

3.4 Cantidad de litio recuperado por tipo de proceso y salmuera.

En cuarto lugar, se determinó la cantidad de litio recuperado por cada uno de los procesos, empleando los 4 diferentes tipos de salmueras. De esta manera se determinó el rendimiento (%) que es posible obtener en cada uno de los casos. En las Figuras 12 a 14 se presentan los resultados obtenidos para este análisis. Los niveles de evaporación de cada salmuera corresponden a los presentados en las Figuras 3 a 5.

De las figuras se observa que los procesos entre sí presentan diferencias en cuanto al porcentaje de litio que permiten recuperar de las salmueras. Vemos que el Proceso 3 es el que permite la mayor recuperación de litio para las 4 salmueras; el valor promedio de recuperación con este proceso es del 48,80%. Seguido de este se encuentra el Proceso 1 con un valor promedio de recuperación del 46,90%. Finalmente, con el menor rendimiento de recuperación, se encuentra el Proceso 2, con un valor promedio de 37,25%.

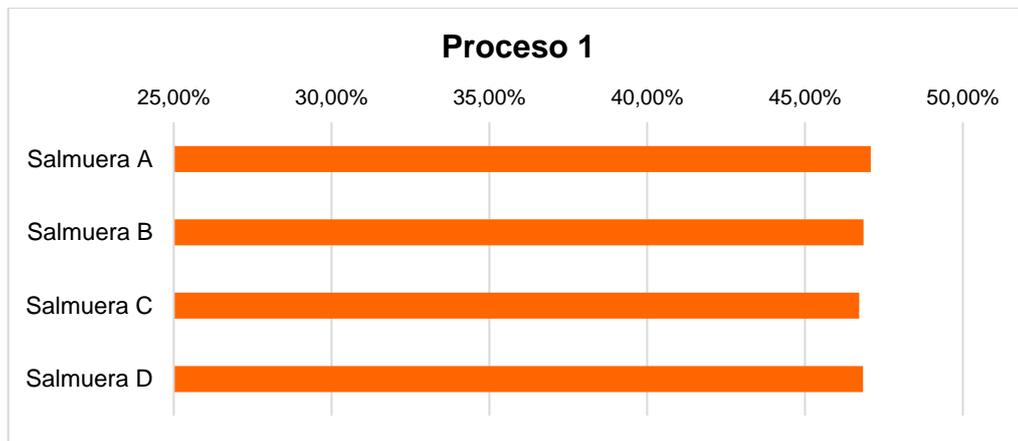


Figura 20. Cantidad de litio recuperado de las salmueras al utilizar el Proceso 1

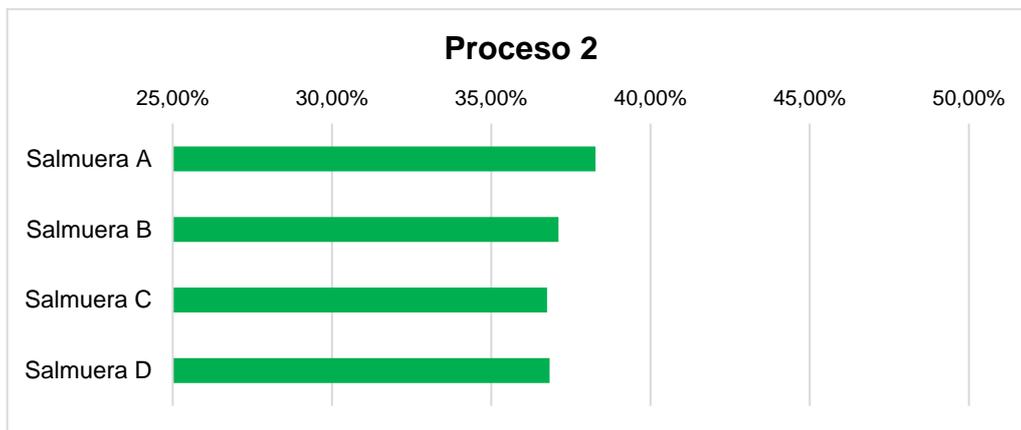


Figura 21. Cantidad de litio recuperado de las salmueras al utilizar el Proceso 2

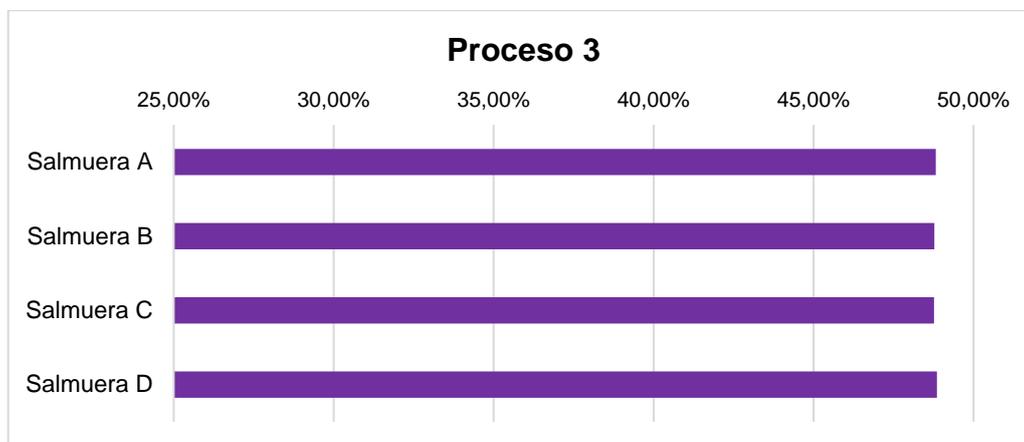


Figura 22. Cantidad de litio recuperado de las salmueras al utilizar el Proceso 3

3.5 Volumen de salmuera requerida por t de Li_2CO_3 producido

Finalmente, se determinó la cantidad (en m³) de salmuera requerida por tipo de proceso, para obtener 1 tonelada de carbonato de litio. En las Figuras 15 a 18, se presentan los resultados para esta simulación. En este caso el análisis se realizó comparando cada una de las salmueras en los 3 procesos.

De las Figuras 10 y 11, el Proceso 3 es el que requiere procesar la menor cantidad de Salmuera A y B respectivamente, para obtener 1 t de Li_2CO_3 .

Para la Salmuera C, el Proceso 1 es el que presentó menor requerimientos de salmuera para alcanzar el objetivo.

Tal como se expresó en la Tabla 1, la salmuera D es la que presenta la menor concentración de litio, por lo cual es la que requiere la mayor cantidad de salmuera a procesar para obtener 1 tonelada de carbonato de litio; sin embargo, para esta salmuera, el Proceso 3 es el que requiere procesar la menor cantidad de salmuera para alcanzar el objetivo.

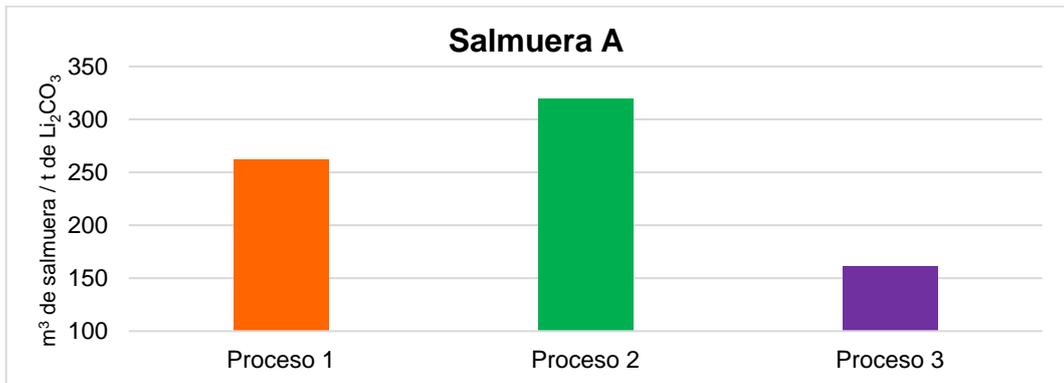


Figura 23. Volumen de salmuera requerida por t de Li_2CO_3 producido empleando la Salmuera A

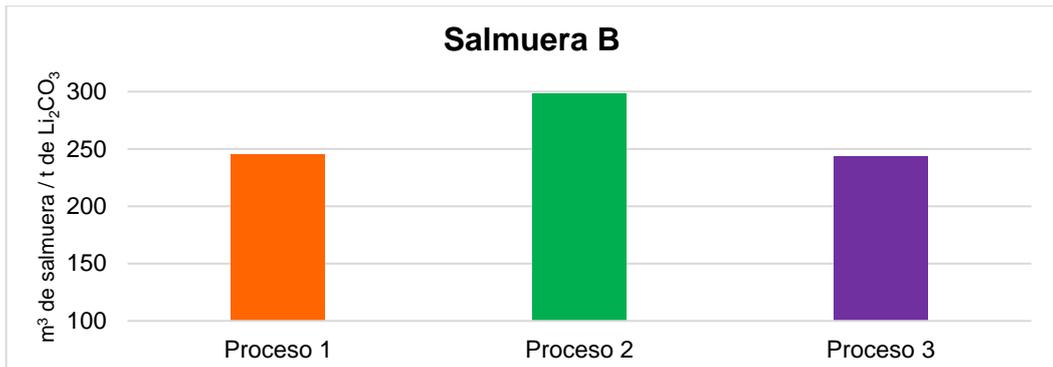


Figura 24. Volumen de salmuera requerida por t de Li_2CO_3 producido empleando la Salmuera B

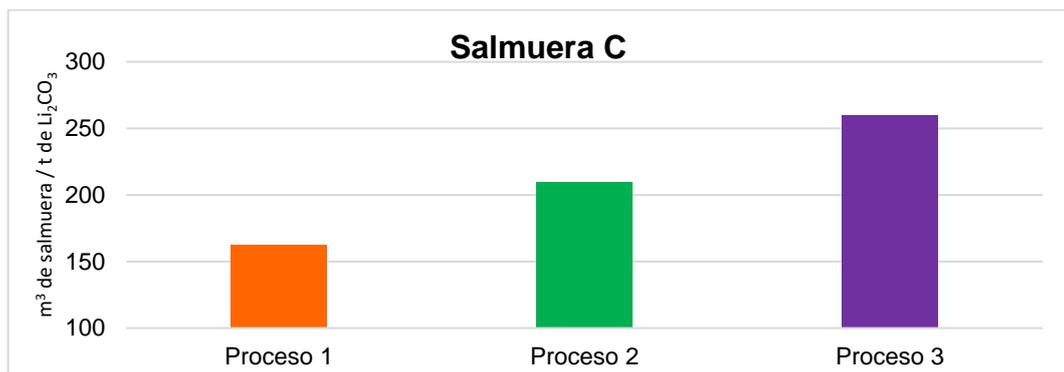


Figura 25. Volumen de salmuera requerida por t de Li_2CO_3 producido empleando la Salmuera C

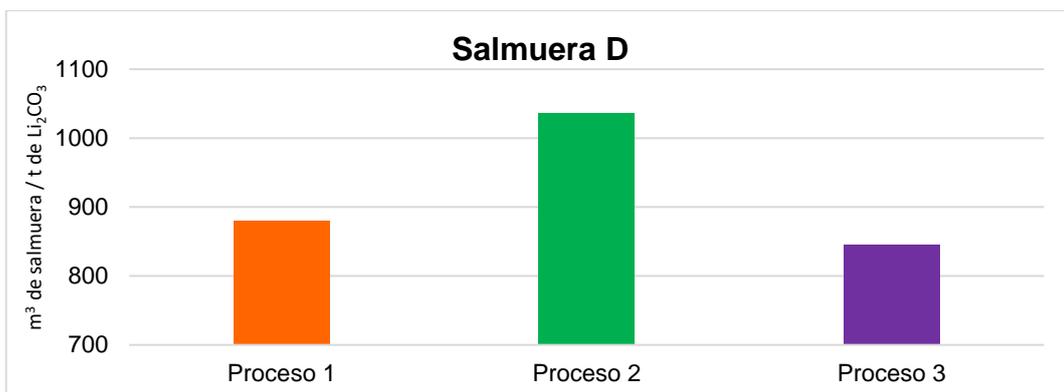


Figura 26. Volumen de salmuera requerida por t de Li_2CO_3 producido empleando la Salmuera D

4. CONCLUSIONES

La simulación de los 3 procesos con las 4 salmueras, se pudo realizar con el software Aspen Plus, exitosamente. Se obtuvieron 12 simulaciones, a partir de las cuales se realizaron en promedio 3.000 iteraciones a fin de evaluar cada proceso y salmuera a diferentes valores de evaporación. Se tomó el mínimo nivel de evaporación con el que se obtuvo el máximo valor de t de carbonato de litio como así también de subproductos. Se determinó la influencia de la composición inicial del salar sobre la selección del método productivo, considerando diferentes aspectos tales como la cantidad de producto final que se puede obtener, el grado de recuperación de litio, la cantidad de insumos

necesarios para producir 1 t de carbonato de litio, entre otros. A partir de ello, se pudo observar que: Para los Procesos 1 y 3, el mínimo nivel de evaporación es del 20%, mientras que para el Proceso 2, este nivel es del 10%. Dado que este proceso emplea resinas de intercambio para la retención de litio, esto afectará las variables y condiciones del proceso.

La Salmuera C es la que presentó mayor producción de Li_2CO_3 , independiente del tipo de proceso con la que se trate. La baja concentración de litio y alta concentración de otros iones de la Salmuera D, provocó que sea la salmuera con la menor producción de carbonato de litio (consumiendo grandes cantidades de insumos, excepto con el Proceso 3); por ello, se generaron la mayor cantidad de subproductos.

Con respecto a la cantidad de litio recuperado de las salmueras, el Proceso 3 es el que presentó el mejor rendimiento de los 3 procesos con un valor promedio del 48,80%. Seguido de éste, el Proceso 1 con un porcentaje de recuperación promedio del 46,90%; en último lugar el Proceso 2 con una recuperación promedio del 37,25%.

Por su parte, el volumen de salmuera requerida por tonelada de carbonato de litio producido, presentó diferentes valores para cada uno de los procesos, sin embargo, podemos indicar que para las Salmueras A, B y D, el Proceso 3 es el que requiere procesar la menor cantidad de salmuera. Y para la Salmuera C, el Proceso 1 presentó un consumo significativamente menor con respecto a los otros dos procesos.

Se verificó, como era de esperarse que la composición inicial de las salmueras afecta el rendimiento del proceso significativamente. De acuerdo a esto y a los resultados aquí presentados, el mejor proceso de producción de carbonato de litio depende en gran medida de la composición de la salmuera que se disponga. En términos generales el Proceso 3 fue el que presentó los mejores resultados en las simulaciones y por ello los autores consideran que fue el que podría considerarse como el mejor proceso. Queda a futuro el análisis de más variables intervinientes en los procesos como así también de otros factores externos que podrían modificar los rendimientos aquí presentados; sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser empleados por las nuevas empresas mineras que deseen analizar el comportamiento de la salmuera a la que tienen acceso, a partir de los recursos disponibles y seleccionar el proceso que les resulte en un mayor rendimiento técnico y económico.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Castello, Andrés; Kloster Marcelo. (2015) "Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo" CIECTI, CABA.
- [2] Investiga, Ciencia y Tecnología UNLP. (2019). "Litio: un tesoro escondido en la Puna Argentina". Informe especial. Disponible en: <https://investiga.unlp.edu.ar/especiales/litio-17104> [Accedido el 20/08/2021]
- [3] Diario El Tribuno (2019). "El litio salteño llevará al país al segundo lugar de producción en el mundo". Recuperado de: <https://www.eltribuno.com/salta/nota/2019-2-5-0-0-0-el-litio-salteno-llevara-al-pais-al-segundo-lugar-de-produccion-en-el-mundo> [Accedido el 15/06/2020].
- [4] Comercio y Justicia. (2019). "Argentina será el segundo mayor productor global de litio en 2022". Recuperado de: <https://comercioyjusticia.info/economia/argentina-sera-el-segundo-mayor-productor-global-de-litio-en-2022/> [Accedido el 28/06/2021].
- [5] Manrique, Alejandro. (2014) "Explotación del litio, producción y comercialización de baterías de litio en Argentina" Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería. E-Book, ISBN 978-987-544-641-0
- [6] Universidad Nacional de la Plata. (2020). El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinares desde la UNLP. Buenos Aires.
- [7] Calvo, Ernesto Julio. (2019). "Litio, un recurso estratégico para el mundo actual". *Instituto de Química Física de los Materiales, Medioambiente y Energía (INQUIMAE)*, UBA-Conicet. 28, 17-23.
- [8] Visintin, Arnaldo. (2021). "Avances actuales y perspectivas de futuro en torno a las tecnologías de litio en Argentina". In-Genium, 1, 103-111.
- [9] Ortiz Sánchez, O. (2018). "Modelo analítico para evaluar un yacimiento mineral aplicación en un proyecto de minado superficial". Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas, 21 (42), 27-34.

- [10] Revista Panorama Minero. (2018). Lito y tecnología: Cómo obtener más valor de las salmueras. Recuperado de: <https://panorama-minero.com/litio/litio-y-tecnologia-como-obtener-mas-valor-de-las-salmueras/> [Accedido el 19/04/2021].
- [11] Flexer, Victoria; Baspineiro, Celso Fernando; Galli, Claudia Inés. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*, 639, 1188-1204, ISSN 0048-9697.
- [12] Bravo, Víctor. (2019) "Algo sobre el litio". Documento de trabajo. Fundación Bariloche. Departamento de Economía Energética.
- [13] Ruiz Peyré, Fernando; Dorn, Félix. (2020). "Aprovechamiento del litio en la Argentina – Realidades, desafíos y perspectivas en un mundo globalizado". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 24, 632.
- [14] Espínola Lozano, Francisco. (2017). "Tutorial de Aspen Plus, Introducción y modelos simples de operaciones unitarias" Universidad de Jaén.
- [15] Adornado, Adonis; Soriano, Allan; Bungay, Vergel. (2017). "Assessment of Aqueous Lithium-based Salt Solutions as Working Fluid for Absorption Chillers using Aspen Plus". *Asean Journal of Chemical Engineering*. Vol 17 (2), 51-59
- [16] Chu, Jian. (2005). "Simulation of industrial catalytic reforming process by developing user's module on ASPEN PLUS platform". *Journal of Chemical Industry and Engineering*, 56. 1714-1720.
- [17] Schefflan, Ralph. (2011) "Teach Yourself the Basics of Aspen Plus" Ed. John Wiley & Sons, Inc.
- [18] Sandler, Stanley. (2015). *Using Aspen Plus in Thermodynamics Instruction: A Step-by-Step Guide. 1st edition*. Ed. John Wiley & Sons, Inc.
- [19] Adams, Thomas (2018). *Learn Aspen Plus in 24 Hours. McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto*.
- [20] Al-Malah, Kamal. (2016). *Aspen Plus: Chemical Engineering Applications*. Ed. John Wiley & Sons, Inc.
- [21] Hamza, Abbas; Wajid, Ali Khan; Zabid, Ullah. (2021) "Modeling of an Integrated System Based on Solar Heat Source, Organic Rankine Cycle and Water/Lithium Bromide Absorption Chiller in Aspen Plus". Faculty of Mechanical Engineering. GIK Institute of Engineering Sciences and Technology.
- [22] Mouad Hachhach, Hanane Akram, Mounir Hanafi, Ouafae Achak, Tarik Chafik. (2019). "Simulation and Sensitivity Analysis of Molybdenum Disulfide Nanoparticle Production Using Aspen Plus". *International Journal of Chemical Engineering*.

Mejora de almacenamiento en la Gestión de Residuos Informáticos

Rodríguez Eduardo; Duarte Politi Joel; Burzacca Luciana; Deco Claudia;
Bender Cristina; Santiago Costa

*Facultad de Química e Ingeniería del Rosario. Pontificia Universidad Católica Argentina
Av. Pellegrini 3314, (2000) Rosario, Santa Fe, Argentina.
{ejrodriguez, lucianaburzacca, cdeco, cbender}@uca.edu.ar*

RESUMEN

En este trabajo se propone mejorar y optimizar la logística de almacenamiento dentro de una planta de reciclado y reacondicionado de material informático en desuso. La planta procesa distintos tipos de dispositivos informáticos descartados por ciudadanos rosarinos para su correcto desguace o reacondicionado para una segunda vida útil, a los efectos de evitar su disposición como residuos. Se realiza un diagnóstico de la situación actual del almacén y se trabaja en la implementación de herramientas de mejora con el fin de lograr la mayor eficacia posible en su gestión desde la recepción hasta su depósito para almacenar la mayor cantidad de productos cumpliendo las medidas de higiene y seguridad establecidas por las leyes locales. Se busca lograr con una inversión mínima una mejora de los espacios de trabajo, reducción de rotura de elementos, agilización de su búsqueda y su futura expansión. Se sugiere un sistema de gestión de almacenes que permita tener una trazabilidad de los artículos y un control simple, ágil y fiable de la información. La instalación de estanterías provee ergonomía y rapidez en las operaciones a realizar disminuyendo la fatiga del personal y mejorando el desempeño de los empleados. Las nuevas disposiciones de estanterías buscan duplicar la capacidad de almacenaje con el fin de, en un futuro, poder acaparar una mayor parte de la demanda actual. Las recomendaciones que surgen de este trabajo permiten mejorar el almacenaje en un 86% con una inversión aceptable.

Palabras Claves: Residuos Electrónicos, Gestión, Mejora de Almacenamiento.

ABSTRACT

In this work, it is proposed to improve and optimize the storage logistics within a recycling and reconditioning plant for disused computer equipment. The plant processes different types of computer devices discarded by citizens of Rosario for their correct scrapping or reconditioning for a second useful life, in order to avoid their disposal as waste. A diagnosis of the current situation of the warehouse is carried out and work is being done on the implementation of improvement tools in order to achieve the greatest possible efficiency in its management from reception to its deposit to store the largest amount of products complying with hygiene measures and security established by local laws. It seeks to achieve with a minimum investment an improvement of the workspaces, reduction of breakage of elements, speeding up its search and its future expansion. A warehouse management system is suggested that allows traceability of the items and a simple, agile and reliable control of the information. The installation of shelves provides ergonomics and speed in the operations to be carried out, reducing staff fatigue and improving employee performance. The new racking arrangements seek to double the storage capacity in order to be able to capture a greater part of the current demand in the future. The recommendations that emerge from this work allow to improve storage by 86% with an acceptable investment

Keywords: Electronic Waste, Management, Storage Improvement

1. INTRODUCCIÓN

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) son todos aquellos dispositivos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir dichas corrientes. Una vez finalizado su ciclo de vida útil, los aparatos pasan a ser considerados residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Este término comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto en el momento que éste se desecha, salvo que este sea considerado peligroso en cuyo caso necesitaría un proceso extra de tratamiento por seguridad [1].

Nuestra línea de investigación está orientada a la categoría de Equipos de Informática y Telecomunicaciones (EIT), que están comprendidos dentro de las disposiciones del proyecto de ley 5563-D-2018 en el Art.4°. El acelerado ritmo de vida y los hábitos consumistas establecidos en las sociedades desarrolladas de la actualidad, han propiciado que estos tipos de residuos crezcan a un ritmo 5 veces superior al resto de los residuos sólidos urbanos como puede ser el vidrio, plástico o cartón, por lo que es fundamental y necesario que sean reciclados de forma adecuada para evitar un impacto perjudicial sobre el medio ambiente y la salud de las personas. El reciclaje de los equipos evita entonces la sobre acumulación de residuos en los contenedores y esto se traduce directamente en una notable reducción de la contaminación de los suelos [1].

Más allá de la gestión y disposición final que se haga con sus residuos, los AEE además provocan un impacto negativo en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida fundamentalmente a causa de la extracción minera, transporte y gasto de energía necesarios para su producción.

Según estudios realizados en la Unión Europea [2], en promedio los AEE están compuestos por un 25% de componentes recuperables, un 72% de materiales reciclables (plásticos, metales ferrosos, aluminio, cobre, oro, níquel, estaño de las placas, etc.) y un 3% de elementos potencialmente tóxicos (plomo, mercurio, berilio, selenio, cadmio, cromo, sustancias halogenadas, clorofluorocarbonos, bifenilos policlorados, policloruros de vinilo, ignífugos como el arsénico y el amianto, etc.). Este último porcentaje, aunque menor, es el más importante, ya que representan un peligro para la salud de las personas y el medio ambiente, motivo por el que se deberán extremar cuidados en el tratamiento de los mismos. Por ejemplo, para la fabricación de una computadora de escritorio se utilizan: 240 kilos de combustible (más de 10 veces su peso), 22 kilos de químicos, 1500 litros de agua, 1,5 a 4 kilos de plomo por CRT y metales pesados (mercurio, berilio, cadmio, y otros). Los RAEE deben tener un tratamiento ambientalmente adecuado y legislaciones orientadas a su disminución, ya que son un flujo de residuos en continuo y elevado crecimiento que, debido a los grandes avances en tecnología, los aparatos eléctricos y electrónicos quedan obsoletos en poco tiempo y son rápidamente sustituidos por equipos nuevos, convirtiéndose así en residuos.

Actualmente, toda responsabilidad referida al reciclaje de los RAEE la asumen empresas privadas o instituciones que se dedican a este problema y están relacionadas con los productores directos de estos elementos. Sin embargo, en el proceso de reciclaje hay dos variables que influyen, el mal comportamiento de los consumidores, y el alto valor de algunos de los componentes presentes en estos productos. En relación a los consumidores, muchos usuarios guardan en sus hogares RAEEs por si en algún futuro pueden llegar a dar algún uso de los mismos. Dependerá de los intereses referidos al reciclaje que el producto electrónico termine llegando limpio a un punto específico o termine en la basura junto a otros residuos volviéndolo así no reutilizable. El valor total de todas las materias primas existentes en los residuos electrónicos se calcularon en 55.000 millones de euros aproximadamente en 2016, lo que supera el producto interno bruto de la mayoría de los países del mundo correspondiente a dicho año. Es necesario, por lo tanto, adoptar modelos de economía circular para fomentar el cierre del círculo de materiales, caso contrario esas piezas valiosas terminan siendo recategorizadas como “chatarra” cuando originalmente no lo eran. Esto dificulta el correcto reciclaje de los productos electrónicos y también su contabilización real, ya que la separación de las piezas hace imposible el correcto seguimiento de estos residuos y aquellos que quedan en los contenedores de basura no son identificados dentro de este conjunto.

Según la Universidad de Naciones Unidas (UNA) en 2017 prácticamente la mitad de la población mundial utilizaba internet y la mayor parte de los habitantes del planeta tenían acceso a redes y servicios móviles. Disponer de más de un dispositivo tecnológico y el acortamiento de ciclos de sustitución de los teléfonos móviles genera más residuos [2]. Cabe destacar que solamente el 20% de estos puede convertirse en residuo reciclable para su posterior uso. A nivel mundial, sólo constan como recuperadas y recicladas 8,9 MT de residuos electrónicos, lo que corresponde al 20% del total de residuos electrónicos generados. El bajo índice de recuperación comparado con la cantidad total de RAEE generados se explica en parte por el hecho que sólo 41 países disponen de estadísticas oficiales sobre los residuos electrónicos.

Afortunadamente aunque el problema de los RAEE es cada vez más grave e incontrolable, también hay una mayor cantidad de países que con el tiempo van adoptando una legislación en materia de residuos electrónicos. Actualmente, el 66% de la población mundial está amparada por leyes que regulan la gestión de los RAEE, lo que supone un aumento importante con respecto al 44% correspondiente a 2014.

Respecto a Argentina, se generan aproximadamente un promedio de 8,7 kilos de RAEE por persona; convirtiéndose en el tercer lugar como mayor generador de residuos asociados a toda América Latina con hasta 500.000 toneladas registradas hasta el año 2017. La mayor parte de estos residuos son generados por empresas que requieren renovación constante de su tecnología. Entre el 5% y el 15% son recuperados y reutilizan partes y equipos en empresas y/o emprendimientos ligados a servicio técnico, que intentan darle un mayor uso a las piezas para alargar así su vida útil. Muchas veces parte de éstos terminan como residuos sin tratar. Entre el 10% y el 20% suele ser recuperado por trabajadores en situaciones precarias, como cartoneros y chatarreros, que proceden a revenderlo a empresas que tratan estos residuos. Entre el 1% y el 2% suele ser recuperado y reutilizado con fines sociales y actividades escolares. El 5% es recuperado y tratado de manera adecuada, siguiendo una línea de normas y reglas certificadas por plantas autorizadas por la nación.

Esta investigación se realiza en un taller ubicado en calle Einstein 7110 (Rosario). En este lugar se reciben residuos informáticos. Cada vez se reciben más elementos para trabajar y su almacenamiento final se traduce en un problema que debemos solucionar desde la ingeniería. El objetivo del taller es recibir materiales descartados por los ciudadanos rosarinos, tales como monitores, teclados, CPU's, mouses, routers y distintos elementos preseleccionados para su correcto desmenuzamiento o puesta en marcha. De esta manera se busca recuperar la mayor parte posible y lograr una disminución en la emisión de residuos. La planta está ubicada estratégicamente en un barrio alejado del microcentro de Rosario de fácil acceso por su cercanía con Avenida Circunvalación, que recorre la mayor parte de Rosario permitiendo la circulación de todo tipo de vehículos.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El objetivo de esta investigación es analizar el flujo y demanda de los RAEE, describir la planta de tratamiento actual, hacer un diagnóstico de la situación actual y recomendaciones, realizar un estudio de rentabilidad de inversiones recomendadas y proponer una mejora de la capacidad del almacén con técnicas adecuadas.

Luego de la recepción de RAEE se continúa con una serie consecutiva de procesos que se realizan hasta concluir en un producto, válido para donación, venta o suplemento de algún equipo existente. El problema principal a considerar es lograr la mayor eficiencia posible en el área de almacenamiento una vez que todos los procesos concluyen. Es de suma importancia remarcar que se trabaja con una parte de la totalidad de RAEE existente, llamada RAEEIT (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos de Informática y Telecomunicaciones).

Estos pasos están compuestos en varias etapas detalladas a continuación y presentadas en la Figura 1:

- Recepción de material y preclasificación: En este proceso se realiza la descarga de todo el material y se procede a pre-clasificarlo. Operarios se ocupan de separar en montículos componentes similares.
- Pesaje: Cada tipo de dispositivo es tomado en cuenta y luego es pesado para así llevar un correcto registro en planillas de las distintas cantidades y los distintos pesos tomados.
- Clasificación: Se realiza una inspección visual de cada tipo de componente para determinar si puede ser reacondicionado o el mismo se destina al reciclado.
- Procesamiento: Los materiales recibidos son sometidos a diferentes procesos, por un lado, el desarme, que implica el despiece de cada equipo separando las partes que pueden ser recicladas (plásticos, aluminio, cobre, plaquetas), aquellas que pueden ser reacondicionadas (lectoras, discos, placas, conectores) y aquellas que deben ser destinadas a disposición final (baterías, pilas).
- Reacondicionado: Está dividido en varios procesos de acuerdo al dispositivo. Por ejemplo, el reacondicionado de una CPU comprende el armado y prueba inicial, prueba de funcionamiento e instalación de sistema operativo y aplicaciones necesarias.
- Testeo: Se testean los distintos dispositivos y componentes, se reparan impresoras, monitores LCD y LED, placas de expansión y placas madre. Este trabajo es llevado a cabo en el laboratorio, donde se realizan las pruebas más rigurosas como el testeo de placas madres, fuentes de alimentación y monitores planos. Estos procedimientos incluyen desoldado y soldado de componentes discretos.
- Almacenamiento: Este es el proceso que mayor atención requerirá ya que será realizado en un depósito, en el cual hay que lograr la mayor optimización posible, para luego ser procesado. Las piezas en funcionamiento vuelven a este depósito para su posterior movilización. Hay que tener en cuenta la separación que puede haber entre los componentes a reciclar y los ya reciclados.

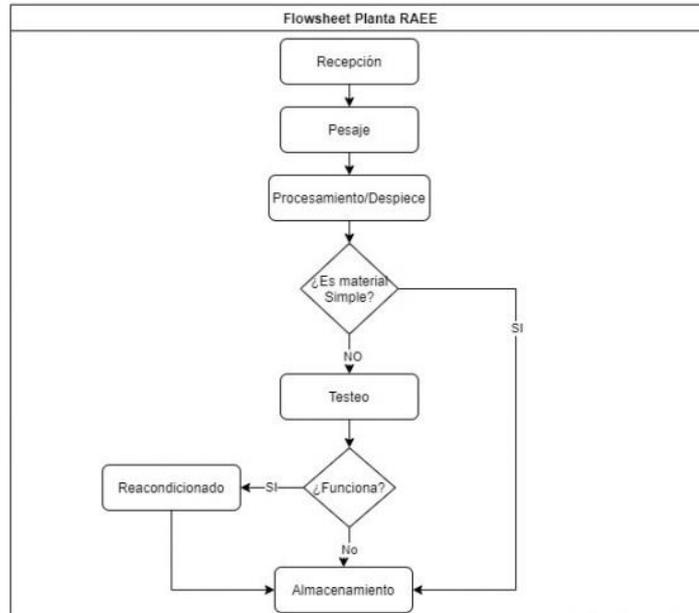


Figura 1 Pasos del tratamiento de los RAEE. Fuente: Propia.

2.1. Estimación de la demanda:

Se llevó adelante un estudio para conocer el volumen de RAEEIT generado en la ciudad de Rosario, que representa el 16,23% del total anual RAEE en Argentina [3]. Este valor se infirió desde los informes realizados por la Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines (CAMOCA) [4]. En dicho artículo se obtuvo un factor de generación (FG) de RAEEIT de 1,41 Kg/hab, lo cual infiere para la población de Rosario un total de 115.811,06 Kg/mes de RAEEIT. En Rosario sólo se recolectan 3.375 Kg/mes de RAEEIT lo que representa un 3,24% del total de RAEEIT generado que corresponderían a lo generado por 31.900 habitantes. Tener conciencia del volumen que se puede llegar a procesar en la ciudad refuerza la idea de lograr un crecimiento de almacén previamente estudiado para lograr así la mejor eficiencia posible. Crecer de manera ordenada permitirá incrementar la capacidad de almacenaje, por ende se procesa un mayor número de materiales generando así mayores ganancias.

Se procedió a diagnosticar la situación actual del almacén utilizando un procedimiento metodológico por medio de la observación directa y documentación provista. Primero se analiza la ubicación física de la planta y su distribución in-situ. En planta baja se reciben todos los elementos previamente clasificados como RAEE. Se reciben en el área de descarga, lugar en el que una balanza está ubicada de manera estratégica para proceder a realizar una selección de los elementos que podrían ser trabajados y un operario registra los datos obtenidos. Luego los elementos pasan al área de clasificación y prueba preliminar de funcionamiento, donde son correctamente clasificados y separados. Por ejemplo, si una CPU funciona, sólo debe hacerse el procedimiento catalogado como "instalación de software"; si no funciona se procede al desarmado.

En el área de desarmado, todos los elementos que llegan son despiezados por operarios capacitados. Luego, en el área de limpieza se utilizan productos químicos adecuados para limpiar las distintas piezas. Esto es importante ya que un producto electrónico sucio podría causar problemas mayores (cortocircuitos, incendios o pérdidas de energía). A continuación los materiales son llevados a las mesadas donde se procede a realizar el último trabajo previo al almacenamiento, según el caso. Estas mesadas se encuentran en el área de reacondicionamiento, donde también se encuentra un banco de pruebas donde se realizan las pruebas finales, verificando su correcto funcionamiento o, en caso contrario, su fallido funcionamiento. Esta área se encuentra próxima al área de administración facilitando la toma de decisiones.

Finalizados dichos procesos, los elementos restaurados listos para su repartición y entrega son acomodados en el depósito ubicado en planta alta donde se almacenan todas aquellas partes recicladas y que van a ser entregadas a algún cliente solicitante o se reutilizarán posteriormente. Se busca así lograr un "desperdicio 0". El resto de elementos son separados y considerados chatarra que podría servirle a algún otro solicitante. Estos son colocados en planta baja en bolsones arriba de pallets para mejor manipulación. Hay momentos del año que la salida de estos no es tan fluida lo que genera un problema de acumulación difícil de controlar, por lo que los encargados del lugar han decidido colocar bolsones en partes poco utilizadas del taller, por ejemplo, en el área de limpieza. Esto provoca no solamente una acumulación innecesaria sino que además de estorbar en los procesos ya existentes, genera un aumento en el riesgo de accidentes que puede causar a cualquier persona que tenga que transitar estos lugares. En las Figuras 2 y 3 se observan los diseños de ambas plantas.

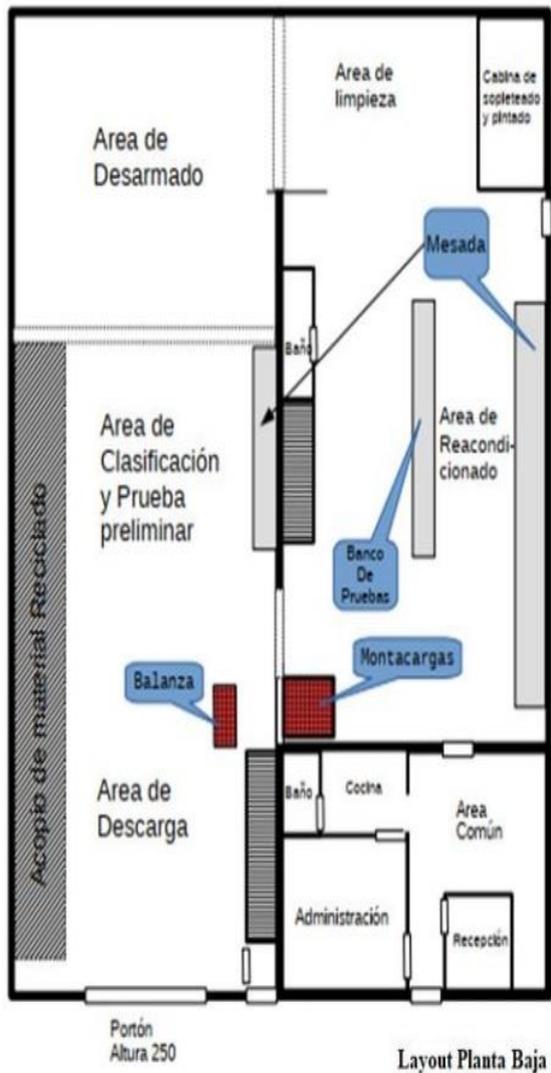


Figura 2 Planta baja actual de la planta de tratamiento de RAEE. Fuente: Propia.

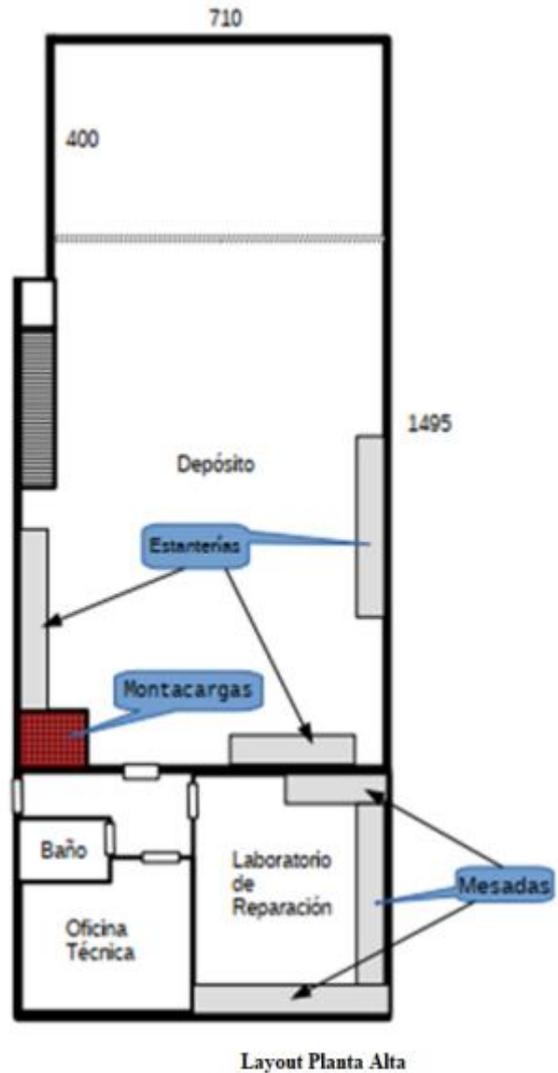


Figura 3 Planta alta actual de la planta de tratamiento de RAEE. Fuente: Propia.

Luego se confeccionó una lista de verificación de 10 características de la planta para identificar los posibles problemas, ver Tabla 1.

Tabla 1 Lista de verificación para identificar problemas

Lista de verificación	Existencia	Condición		
		Buena	Regular	Mala
1 Espacios pre-asignados	Si			x
2 Ventilación	Si	x		
3 Iluminación	Si		x	
4 Polvo/suciedad	Si		x	
5 Extintores	Si		X	
6 Señales/carteles	Si	x		
7 Catalogado de materiales	No			x
8 EPP	Si	x		
9 Estandarización	No			x
10 Registro de almacenamiento por software	No			x

Se observa que el almacén no está en orden. Por ejemplo, varios elementos están colocados informalmente uno arriba del otro y en un orden totalmente aleatorio, además se pueden encontrar piezas similares ubicadas en distintas partes. El orden del almacén es necesario para evitar la pérdida de tiempo al buscar elementos y para mejorar el ambiente laboral. Esta es una de las características explicadas a continuación en el análisis de las 5'S, cuyo objetivo es "Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio", y debe considerarse al realizar la remodelación.

Entre los problemas detectados se pueden mencionar: 1) Debido al desorden al guardar los materiales extraídos y a la baja visibilidad del almacén se dificulta encontrar las distintas partes. Esto supone una pérdida tanto de tiempo para poder reparar algún equipo electrónico al tener que seleccionar el repuesto indicado como el tiempo ocioso que se producía en los trabajadores de

distintas áreas implicados en la reparación necesaria. 2) El control del stock de los elementos se realiza de forma deficiente. 3) No se lleva un control informático desde el almacén tanto de sus recepciones como de sus interacciones con distintos compradores o proveedores. Esto supone un descontrol a la hora de llevar un conteo necesario para saber con certeza todos los elementos que se encuentran en stock.

2.2. Diagrama de Ishikawa:

Para realizar un correcto diagnóstico de las causas que llevan a la situación actual, se utilizó el método de Diagrama de Ishikawa, más conocido como “diagrama de espina de pescado”. Este mismo es una representación sencilla en la que uno puede deducir de manera relacional una espina central, representada en una línea en plano horizontal, que representa el problema a analizar.

Para crear este tipo de diagrama y sus derivaciones, hay que tener en cuenta que todas las ramas deben ser causas posibles, todas deben ser representadas en las vías que indiquen su relación con el problema y la disposición debe reflejar las relaciones entre las causas. A la línea horizontal se le suman líneas oblicuas que representan causas a tener en cuenta dentro del análisis del problema. Estas a su vez se dividen en ramas secundarias que se relacionan entre sí.

Para este caso consideraremos la distribución, la organización, el personal y el espacio físico. En primera instancia, se pudo discernir que no había lugar adecuado para cada material tratado, y que cuando ingresaban los distintos productos el personal ubica de manera aleatoria en el lugar más cercano que encuentren, mientras que secundariamente, se puede visualizar que no hay espacio en períodos de mucha demanda. Luego se analizó la distribución y se detectó un desorden interno en la distribución del almacén, ya que muchos elementos eran guardados aleatoriamente a medida que iban llegando. Referido a la organización, llamó mucho la atención de que algunos equipos internos tales como el montacargas, no estaban siendo utilizados. Gracias a esta herramienta se pudo entender las causas que podrían originar el problema de almacenamiento interno que posee el lugar. En la Figura 4 se presenta el Diagrama de Ishikawa obtenido.

Con este diagnóstico realizado se concluye que por causas tales como un crecimiento no sostenido en el ingreso de materiales y cambios de requisitos no programados de almacenamiento, se generan problemas como la variedad de productos a almacenar y la decisión de dónde hacerlo. Este problema suele ser común cuando los almacenes no son construidos y equipados para manejar los volúmenes proyectados, un número estimado de productos o unidades de carga limitadas. Cuando no se tiene un plan, independientemente del motivo, causa una seguidilla de problemas y la falta de categorización de distintos productos más la falta de herramientas para poder lograr una mejor ubicación de los mismos, causan el problema visible en este trabajo de investigación. En este almacén se identifican diversas deficiencias espaciales. Estas son producidas por una acumulación excesiva de materiales que proceden a almacenarse sin una estrategia previa, causando acumulación innecesario y completamente evitable.

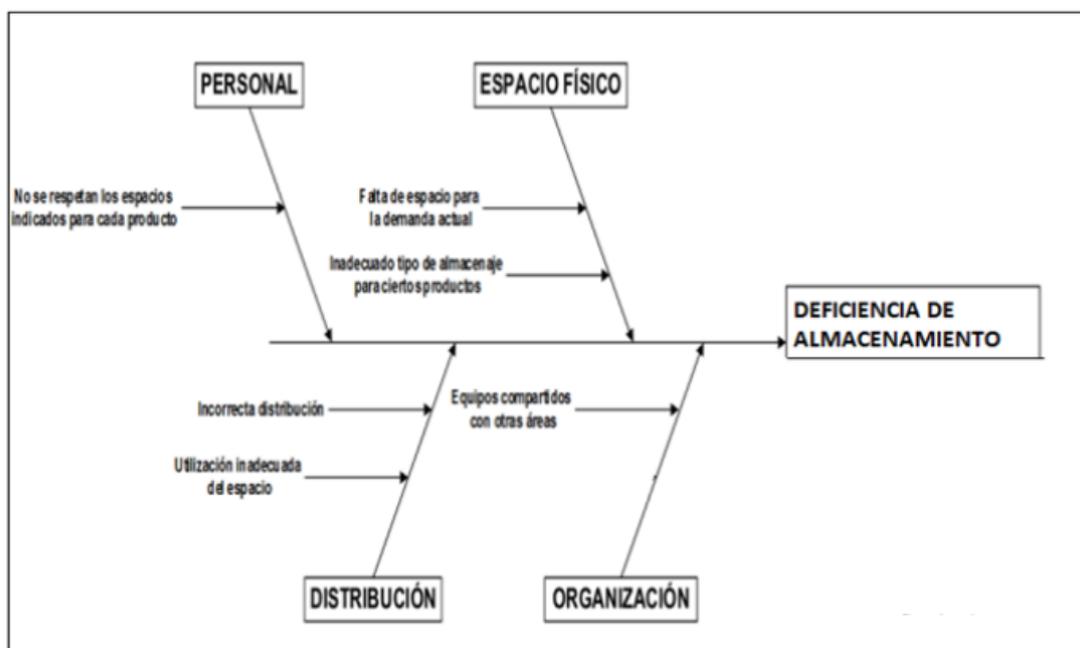


Figura 4 Diagrama de Ishikawa. Fuente: Propia.

2.3. Metodología 5'S:

La metodología 5'S propone 5 pasos imprescindibles para llevar adelante un trabajo de organización de almacenes de manera exitosa, y fue definida por Shingeo Shingo [5]. Las 5'S provienen de términos japoneses donde cada uno representa un proceso: Primera S: Clasificar/Seiri;

Segunda S: Ordenar/Seiton; Tercera S: Limpiar/Seiso; Cuarta S: Estandarizar/Seiketsu; Quinta S: Mantener/Shitsuke. Estos cinco procesos permiten crear y mantener el lugar de trabajo más organizado, limpio, seguro, con condiciones estandarizadas y que las personas tengan una actitud disciplinada ante estas reglas.

Dado que la planta de RAEE se encontraba en un estado no favorable (polvo y suciedad en el suelo, elementos acomodados de manera desorganizada) se propone un plan de acción para mejorar el rendimiento del mismo y evitar posibles accidentes.

A continuación se explica cada una de las S a aplicar:

Clasificar (Primer S): Los pasos a seguir son: clasificar todos los artículos que se encuentren en el área de almacén, separar las cosas que no son necesarias y las que no se encuentren en el lugar correcto. También es necesario considerar en qué cantidad y dónde deben estar colocados estos artículos. Para identificar los problemas fácilmente es recomendable la aplicación de etiquetas. Se pueden usar dos tipos de etiquetas para diferenciar entre los distintos problemas que puedan surgir: por ejemplo etiquetas color verde para problemas que pueda resolver el propio operario que localiza el error y de color rojo para problemas que requieran un especialista. El criterio de etiquetado se muestra en la Figura 5.

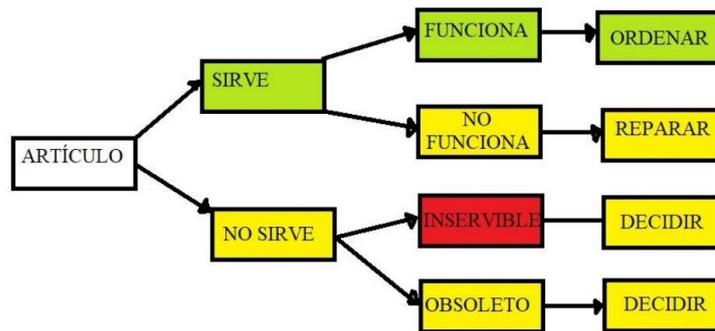


Figura 5 Criterio de etiquetado. Fuente: Propia.

Ordenar (Segunda S): Buscar artículos no ordenados genera una carga de tiempo innecesaria. Se debe decidir dónde se colocan los artículos de utilidad, organizar la ubicación definiendo un nombre y un lugar para cada cosa, dependiendo de una clasificación previamente acordada. Esto hará fácil la búsqueda de artículos y su rápido alcance mediante agrupación por tipo de producto, tamaño o alfabéticamente. Siguiendo el principio básico de las 5'S, es conveniente tomar decisión de qué artículos deben estar más cerca o accesibles y cuáles deberían estar más alejados evitando que quede la menor cantidad de artículos en el suelo.

Limpiar (Tercera S): Para esto debemos realizar una inspección de todos los artículos a través de la limpieza, previniendo así la contaminación, suciedad y polvo que genera el trabajo diario. Hay que identificar y detectar las fuentes de suciedad para solucionar el problema de raíz y conseguir su eliminación total o parcial. Entre los beneficios obtenidos se tienen lugares de trabajo más limpios y seguros, se disminuirán las averías, se mejora la calidad de manipulación de artículos y los lugares de trabajo se volverán más agradables.

Estandarizar (Cuarta S): Permite mantener las tres primeras S en aplicación por un período prolongado de tiempo. Los estándares definidos deben darse a conocer a todos los miembros del equipo de trabajo, incluso cambios que se produzcan en los estándares.

Mantener (Quinta S): Crear el hábito en los miembros de la planta para seguir correctamente los procedimientos de las 5'S. Se debe formar a todo el personal, se hará respetar los estándares de clasificación, orden, limpieza y verificación. Se crearán equipos para su evaluación y se buscará soluciones necesarias para mantener y actualizar los estándares.

3. ANÁLISIS DE MEJORAS A APLICAR

La gestión de almacenes es el desafío de organizar y controlar todo lo que ocurre dentro del centro logístico y tener la certeza y seguridad de que todo proceso interno funcione de la manera más óptima posible. Las tareas a desarrollar son: Manejo y organización del almacén junto con su inventario y Posesión del equipo adecuado. La gestión de stocks es importante para tener precisión de datos y así tener un seguimiento más preciso y una mejora del rendimiento del almacén.

Organización interna del almacén: La planificación del diseño se encuentra en el equilibrio entre: Disponer de espacio suficiente para almacenar todo el inventario; y Habilitar corredores y espacios con la amplitud necesaria para que el personal pueda moverse y completar sus tareas eficientemente. Para lograr esto se requiere tener: un espacio diseñado para albergar; un Área de recepción de stock; una Zona de descarga e inspección; y una Zona de almacenamiento definitivo. Lograr esto puede resultar complicado, más aún con el espacio limitado disponible, por lo que se procederá a reubicar y equipar la actual situación.

Realización del análisis ABC: Es un método de clasificación de inventarios frecuentemente usado, ya que proporciona información útil en este ámbito de gestión de almacenes [6]. Además permite identificar productos de gran impacto y crear nuevas categorías de productos con distintos niveles de control. Para gestionar el stock hay que dividir todo el inventario disponible en tres grupos clasificados por letras A, B y C, donde se incluyen aquellos elementos que correspondan a esa área, según una concepción propia de clasificación interna. Para el taller se utilizó la siguiente clasificación: Clase A: stock de alto valor con un bajo nivel de salida o ventas (computadoras arregladas, placas de video, discos rígidos); Clase B: existencias de un valor moderado con frecuencia de salida o venta moderada (cobre, distintos metales extraídos, cables en funcionamiento); y Clase C: provisiones de bajo valor con alto flujo de salida y ventas (restos de materiales, chatarras, plásticos, gabinetes, restos, etc.). Teniendo una idea estimada de los elementos que se recibirán por mes, se pueden distribuir de manera eficiente todos los elementos a medida que se vayan recibiendo o estén listos para su almacenamiento, según se indica en la Tabla 2 y en la Figura 6.

Tabla 2 Unidades estimadas por mes

Item	Unidades estimadas por mes
Computadoras arregladas	8
Placas de Video	25
Discos rígidos	32
Metales revendibles	83
Cables	200
Gabinetes	80
Chatarra	100

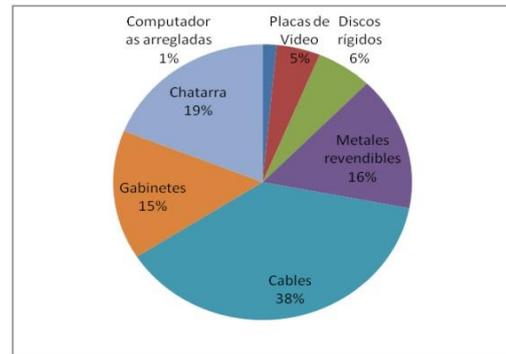


Figura 6 Gráfico de porcentaje estimado de unidades al mes. Fuente: Propia.

Siguiendo este análisis, se puede confirmar que los artículos de clase C se ubican más cerca de la zona de retiro mientras que los productos clases A y B estarán más alejados. Algunos artículos pequeños y con poco peso como placas internas de CPU, a veces se venden con frecuencia suficiente para justificar su almacenamiento en estanterías ubicadas en lugares de más fácil acceso. De esta manera los trabajadores pueden alcanzar los productos y proceder a embalarlos y ponerlos a disposición para su retiro. Tener la capacidad de identificar qué productos se venden de forma conjunta ayuda a reducir el tiempo de recogida de productos ya que deben almacenarse en el lugar más próximo posible.

Implementación de escáner digital móvil: Con el uso de un dispositivo escáner móvil se agiliza el proceso de recepción consiguiendo que sea más rápido y preciso. Con esta herramienta se puede escanear un producto y así actualizar en el software los niveles de inventario indicando que el producto se suma al stock. Otro beneficio es guardar el producto en su lugar indicado en el almacén. Además, se puede evaluar el tiempo que se tarda en completar la recepción y almacenamiento de una entrega recibida. El stock es preseleccionado y se verá el trabajo que se deba realizar. Luego, será enviado al área indicada. Cuando esté listo para almacenar, se le designa un lugar y finalmente se podrá calcular la diferencia de tiempo entre cada punto y así obtener un promedio por mes y evaluar el desempeño. Se recomienda el escáner digital móvil marca Zebra, ya que es fácil de conseguir en el mercado y de muy buena calidad.

Implementación de sistema de gestión de almacenes (Software): Los puntos en los cuales se notará el beneficio son: Organización del almacén (considerando las ubicaciones exactas y aconsejando la ruta más eficiente para llegar a ese punto del almacén); Uso de código de barra digital (usar escáneres móviles para minimizar el gasto en papel y optimizar la precisión al almacenar el nuevo stock); Poder manejar y administrar otras áreas importantes de la operación logística (pedidos, inventario y envíos); Contar con informes de responsabilidad (historial de cada acción realizada). Se recomienda el software Silcar Warehouse Logistics, ya que este sistema logra eficiencia en los movimientos de mercaderías e información dentro del almacén, teniendo en cuenta acciones como recepción, distribución, movimientos de elementos, preparación de pedidos, clasificación de elementos y despachos.

Instalación de estanterías: Para facilitar la máxima utilización del espacio disponible, tanto en superficie como en altura, se utiliza el sistema de almacenamiento convencional que consiste en almacenar las unidades combinando cajas con artículos individuales. Los niveles superiores se destinan para almacenamiento más pesado y los más bajos para su rápida extracción. Para esto la zona de almacenamiento se distribuye colocando estanterías de un acceso en los laterales y doble acceso en el centro. La distribución y altura de las estanterías se determinan según la altura del lugar, el espacio que se dispone, elementos a almacenar y herramientas a disposición. Las estanterías metálicas modulares formadas por largueros y bastidores permiten varias

combinaciones adaptadas a cada necesidad, resultando una forma práctica y económica, debido a que las estanterías pueden moverse a mano y a su vez se pueden ir sumando más de éstas a medida que se requiera. Las ventajas principales son: adaptables a todo tipo de cargas, brindan acceso directo a todas las referencias, posibilitan el almacenaje de múltiples referencias por nivel, permiten multiplicar la superficie total de almacenaje y disminuyen el tiempo de búsqueda de los elementos. Sus desventajas son: si no se encuentran bien instaladas podrían causar molestias, requieren limpieza y mantenimiento mensual y su mal uso puede perjudicar a todos los elementos almacenados en ellas. Las medidas estándar ofrecidas en el mercado de este tipo de estanterías son de 1,20m x 4,20m de base y 3 metros de alto, por lo que se requerirá al menos 5,04 metros cuadrados de base.

Cálculo de espacio disponible: Para decidir cuántas estanterías de almacenamiento temporal se podrán instalar en el almacén se calcula la superficie total del almacén y la altura máxima de almacenaje restando elementos, como los sistemas de ventilación, iluminación u otros, a la altura del techo del almacén: $Capacidad\ de\ almacenaje = (superficie\ del\ almacén - zonas\ no\ dedicadas\ al\ almacenaje) \times altura\ máxima\ de\ almacenaje$. Para calcular cuántas estanterías instalar, hay que tener en cuenta el espacio disponible y cuánta cantidad de elementos se estiman almacenar, considerando la clasificación ABC. Se decidió colocar 3 estanterías en primera instancia. Con esto, se puede disponer de una capacidad de almacenamiento superior ya que se aprovecha la altura del lugar. Teniendo en cuenta las dimensiones de las nuevas estanterías, y que prácticamente están divididas por estantes de espesor despreciable, se calcula su capacidad en volumen: $Capacidad\ de\ volumen = (ancho\ estantería \times largo \times altura\ máxima\ de\ almacenaje) \times (número\ de\ estanterías) = (1,2m \times 4,2m \times 4m) \times 9 = 181,44\ m^3$. Logrando así que la capacidad de volumen de almacenamiento estaría cerca de duplicar la demanda estimada de 97,4 m³.

En la Figura 7, se puede apreciar en el corte de planta, la ubicación que tendrán las estanterías, con posibilidad de movimiento según la necesidad.

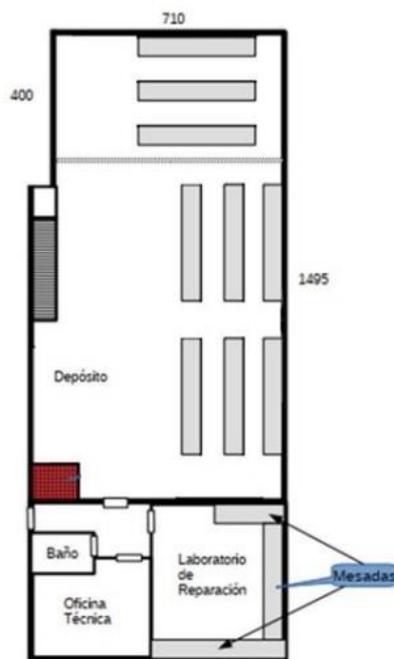


Figura 7 Nuevo Layout con estanterías. Fuente: propia

Consideraciones de Higiene y Seguridad: Por seguridad se entiende que el depósito debe llevar a cabo un conjunto de recomendaciones y medidas para lograr el óptimo estado de los componentes que se utilizarán en su uso, para evitar riesgos sobre las personas, interrupciones del servicio o daños a los productos que ingresan. La evaluación de riesgos es la tarea obligatoria que se hace para evitar accidentes laborales. El marco legal puede verse en la página de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo. El empleador puede recurrir a decretos, guías y procedimientos no obligatorios para identificar los puntos flojos de las condiciones laborales existentes y mejorarlos. Para la correcta gestión en seguridad, se tiene en cuenta la Identificación de los riesgos y de los trabajadores expuestos, la Evaluación de riesgos y asignación de prioridades de los mismos y la Planificación de las medidas preventivas necesarias.

En un depósito es primordial hacer una revisión periódica de estanterías, escaleras, carretillas y la iluminación. Con respecto a la iluminación, se recomienda según las reglamentaciones vigentes: Buena iluminación sobre el plano de trabajo, Realizar un mantenimiento periódico de las luminarias, Emplear iluminación natural cuando sea posible, Buscar una iluminación uniforme para evitar reflejos o deslumbramientos, entre otras. Para las revisiones técnicas, hay que considerar: Estado general de las estanterías, Buenas condiciones de los pallets, Adecuación del

auto elevador y las unidades de cargas a las estanterías, Revisión de maniobras por parte de los operarios, Orden y limpieza de suelo y pasillos, Existencia y necesidad de protección de lugares punteados, Notificación de posibles riesgos en instalación eléctrica y Control de matafuegos. El mantenimiento, control y vigilancia de forma habitual obligatoria es un factor que influirá positivamente en la seguridad y buen estado de la instalación, por lo que se recomienda una visualización diaria por el personal del depósito para detectar posibles anomalías. Además, se contratará un técnico de higiene y seguridad que será responsable de asegurar el cumplimiento de las normativas.

Colocación de extinguidores de fuego: Es una obligación poseer equipos de protección contra el fuego y para esto se incluirá un matafuego adecuado para combatir incendios aplicando una sustancia química sobre la base del fuego con el objetivo de controlarlo hasta que los bomberos puedan llegar al lugar. Existen distintos tipos de características según su aplicación: Tipo A: Abarca maderas, gomas o plásticos. Tipo B: Abarca sustancias o líquidos inflamables. Tipo C: En situaciones donde el fuego afecta instalaciones eléctricas. Tipo D: Implican la presencia de metales capaces de hacer combustión. Además, hay que tener en cuenta también otros datos informativos como: Fecha de carga y expiración, Datos del fabricante, Agente extintor que contiene, Instrucciones de recarga y mantenimiento, Válvula, Manómetro, Manguera.

Se recomienda ubicar el extintor en un lugar estratégico que será en la zona de entrada y salida del área de almacén a una altura mayor de 1,30m. Como en esta planta se manejan todo tipo de materiales se decide colocar un matafuego tipo ABC. El número mínimo de extintores se determina dividiendo la superficie a proteger por la superficie de cubrimiento máxima del extintor, y debe distribuirse en la superficie a proteger de modo tal que desde cualquier punto, el recorrido hasta el equipo más cercano no supere la distancia máxima de traslado. El espacio disponible de almacén es de 81,9 m², por lo que se decide colocar un extintor de ABC de 10 Kg, que utiliza polvo químico seco ABC90, especialmente fluido a base de fosfato mono amónico y sulfato de amonio con el sello IRAM 3569.

4. VIABILIDAD DEL PROYECTO Y RESULTADOS ESPERADOS

Para tener una visión aproximada de la viabilidad del proyecto se procedió a investigar el precio actual de cada mejora propuesta, como se indica en la Tabla 3. Este análisis se realizó en noviembre 2020.

Tabla 3 Resumen de costos de las mejoras propuestas.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario (AR\$)	Total (Sin impuestos)(AR\$)
Estanterías	9	20000	180000
Software	1	17000	17000
Matafuegos ABC 10 K	1	5450	5450
Carretilla de mano Industrial	1	9550	15000
Escaner	1	10000	10000
Gastos de remodelación varios	1	6000	6000
TOTAL AR\$			228000

La suma total de costos requeridos para llevar adelante la inversión es de \$228.000, considerado a criterio propio una inversión de bajo costo en relación a los beneficios a obtener.

Viabilidad del proyecto: Se utiliza la tasa interna de retorno (TIR) [7], que es un porcentaje que determina la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por una inversión. Esta es una herramienta muy útil ya que genera un valor cuantitativo. Para realizar el análisis de rentabilidad, la tasa de rendimiento debe ser comparada con una "tasa mínima de corte" que representa el costo de oportunidad de la inversión. Se trata de comparar dos porcentajes de forma directa, y el que sea mayor, representará una mayor rentabilidad. De esta forma se realiza la comparación con respecto al costo de oportunidad (r) que se quiere tener: Si $TIR > r$ entonces, el proyecto es viable. Si $TIR < r$ entonces el proyecto no es viable. La tasa de retorno que se estima tener es una tasa mayor al 5% en el período total de 5 meses, por lo que se seguirán las siguientes pautas: Si $TIR > 5\%$ entonces el proyecto es viable. Si $TIR < 5\%$ entonces el proyecto no es viable

Según los cálculos hechos anteriormente, para iniciar estas mejoras se requiere una inversión inicial de \$228.000. Teniendo en cuenta que las ganancias estimadas o esperadas son de aproximadamente \$50.000 mensuales y teniendo en cuenta que el objetivo es lograr un incremento mensual de 5%, se estiman las ganancias esperadas para 5 meses y, aplicando la fórmula de TIR, mes a mes, se tienen los valores mostrados en la Tabla 4. Obtenemos un TIR de 7%, por lo tanto se considera un proyecto de inversión viable. Debido a las alteraciones de precios variables de nuestro país se recomienda actualizar este análisis cada mes.

Si bien no se refleja una ganancia económica considerable, hay que tener en cuenta que estos negocios no son muy rentables y lo que buscan es poder aportar a la sociedad un beneficio. Estas empresas tienen como fin trabajar en conjunto con la sociedad y con el incentivo del estado

municipal para así lograr que funcione correctamente la Economía Circular: Producir, Consumir, Reciclar. Esto implica poder crecer de una manera más limpia y saludable para el medio ambiente.

Tabla 4 Cálculo de TIR en 5 meses

Período	Flujo de Caja
Inicio	-228000
Mes 1	50000
Mes 2	52500
Mes 3	55125
Mes 4	57881,25
Mes 5	60775,3
TIR	7%

Con el estudio de esta inversión se demostró poder alcanzar un incremento de capacidad de aproximadamente el doble (86%) con respecto a la demanda estimada disponiendo de una inversión menor. También se logró demostrar que con ganancias mínimas estimadas se puede amortizar la inversión en el corto plazo, dando lugar a un almacén con una capacidad de volumen superior, preparado para tratar más productos y así tener una mayor rentabilidad.

4.1. Resultados esperados

Los principales resultados esperados, se describen a continuación:

Higiene y Seguridad: Para la mejora del almacén se estudió la manera de colocar los materiales de la forma más eficiente posible, de modo que se han colocado los materiales de más frecuente uso con acceso más rápido posible para los trabajadores y colocando más lejos aquellos que tienen un uso menos frecuente. De esta manera se logrará minimizar el tiempo requerido para manipulación de distintos elementos a la hora de ser requeridos y a la vez se ha obtenido un mejor control visual de aquellos elementos que estaban tapados por otros colocados posteriormente.

Control de stock: Todo el proceso de gestión se apoyará en un programa informático. Cuando un operario requiera algún artículo del almacén o cuando ingresan nuevos elementos, no se apuntará la descripción aleatoria dada por él, sino que se hará referencia a la etiqueta previamente colocada ya sea en la caja o en el repuesto. Estos datos serán introducidos por el responsable del almacén en el programa informático al final de cada jornada y se realizará un control instantáneo del inventario del almacén. Con estas aplicaciones el responsable tiene una noción mucho más precisa de lo que se dispone en el inventario con lo que se consigue una reducción en los costes debido a que brinda la posibilidad de analizar precios de ventas previos a ser vendidos.

Nueva disposición de espacios: Aplicando la nueva disposición de estanterías, se obtendrá una ordenación del trabajo y a su vez mayor seguridad y satisfacción para los empleados. Con esto se reduce el riesgo de accidentes y se aumenta la seguridad de los trabajadores, se disminuyen los retrasos, se ahorra el área a ocupar, se reduce el manejo de materiales y el material almacenado, y se puede mejorar la supervisión por parte del encargado. Los beneficios de aplicar estas implementaciones dan lugar a espacios más limpios y más seguros donde se producirán menos averías, mejoras en la distribución y velocidad en el trabajo. Todas las partes implicadas en el trabajo se verán beneficiadas, no solo para los empleados, sino que la empresa conseguirá una mayor calidad de servicio, mayor satisfacción del cliente, reducirá los costos, logrará una recuperación del espacio disponible, reducirá tiempo por lo que derivará en más horas de trabajos eficientes, se controlará el stock y tendrá una mayor rentabilidad. Se espera una duplicación de la capacidad de volumen con respecto a la demanda calculada. Así en un futuro se podrá expandir el negocio y habilitar la recepción de una mayor cantidad de material.

Tiempo estimado de resultados: Dada la dificultad de lograr una implementación total de las mejoras se llevará un control para registrar los resultados obtenidos en los primeros 15 meses. Utilizando un diagrama de Gantt (ver Figura 8) donde se podrá registrar el avance, ya sea exitoso o no, del proyecto en base a un cronograma.

Una vez puestas en práctica todas las implementaciones sugeridas, se esperará que el ciclo continúe logrando una mejora continua en base a todas las indicaciones mencionadas en este trabajo. Para controlar estos indicadores solo se requerirá la supervisión de una persona a cargo, preferentemente alguien responsable que sea parte de las auditorías necesarias.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Clásificación de inventario	✓	✓													
Nueva clasificación de espacios			✓	✓											
Instalación de estanterías					✓	✓	✓	✓							
Implementaciones de higiene y seguridad									✓	✓					
Estandarización de resultados beneficiosos											✓	✓			
Re-aplicación de mejoras													✓	✓	

Figura 8 Diagrama de Gantt de tiempos estimados de ejecución: Fuente propia.

6. CONCLUSIÓN

En este proyecto de reingeniería se analizó la logística de almacenamiento dentro de una planta de reciclado y reacondicionado de material informático en desuso. Se propuso mejorar y optimizar el manejo del taller a partir de un diagnóstico de la situación actual y trabajando en la implementación de herramientas para lograr reducción y mejora de las condiciones de trabajo del personal y lograr una mayor retribución. Las inversiones propuestas buscan lograr con una inversión mínima una mejora de los espacios de trabajo, reducción de rotura de elementos, agilizar la búsqueda de los mismos y que permita tener una base para que en un futuro cercano pueda expandirse con la menor cantidad de problemas posibles. La inversión en el almacén permitirá afrontar con garantías el volumen del negocio actual y futuro haciendo innecesaria la contratación de un operador logístico. Referido al sistema de gestión de almacenes sugerido, se podrá tener una trazabilidad positiva de los artículos, un control de la información de manera fácil, ágil y fiable para la empresa y se podrá proyectar cadenas operativas de manera eficiente. La instalación de estanterías provee ergonomía y rapidez en las operaciones a realizar, disminuyendo la fatiga del personal y el buen desempeño de los empleados. Las nuevas disposiciones de estanterías buscan duplicar la capacidad de almacenaje con el fin de en un futuro poder acaparar una mayor parte de la demanda actual. Cabe destacar que si bien se hicieron recomendaciones, siempre es de buena práctica ejecutar diferentes pruebas para afinar detalles a la hora de llevar adelante un proyecto. El resultado fue una selección de soluciones aceptadas y tenidas en cuenta para cuando se decida implementar modificaciones con el fin de lograr la mayor eficiencia posible.

7. REFERENCIAS

- [1] Fernández Protomastro, G. (2014). *Buenas Prácticas para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE*. CABA. Primera Edición. Grupo Uno. CABA. Argentina
- [2] Fiori, V; Baldé, C.; Kuehr, R.; Bel, G. (2020). *Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020. Cantidades, flujos y potencial de la economía circular*. Universidad de las Naciones Unidas (UNU)/Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) – coorganizadores del programa SCYCLE, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA). Rotterdam.
- [3] Majul, M.F.; Santillán R, Hernández; J. Rodríguez, E.; Burzacca; L., Deco, C.; Bender, C.; Costa, S. (2020). “Logística de Recolección para la Gestión de Residuos Informáticos”. En *Anales de 49 Jornadas Argentinas de Informática (JAIIO)*, Simposio Argentino de Informática Industrial e Investigación Operativa. Virtual. Organizada por SADIO y Facultad de Ingeniería de la UBA. Buenos Aires. Argentina.
- [4] Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines (CAMOCA). Disponible en: <http://www.camoca.com.ar/> Consultado 02/03/2021
- [5] Piñero, E.; Vivas, F.; Flores, L. (2018). “Programa 5S’s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo Ingeniería Industrial”. *Actualidad y Nuevas Tendencias. Vol. VI, núm. 20, pp. 99-110*. Venezuela
- [6] Granillo Macías, R.; García Ramírez, O. E.; & Simón Marmolejo, I. (2020). “Gestión logística en almacén con análisis ABC”. *Ingenio Y Conciencia Boletín Científico De La Escuela Superior Ciudad Sahagún. Vol 7, núm 14, pp. 39-46*. México.
- [7] Castillo, G. C.; & Martínez, J. M. D. (2011). “¿Qué es la TIR de un proyecto de inversión?”. *eXtoikos. Vol 2, pp.129-130*. España.

Un caso de mejora en los procesos de prevención de óxido en piezas de exportación en una automotriz

Desario, Javier*; Alves, Nancy; Migliavacca, Julieta

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
desarioj@hotmail.com; nalves@herrera.unt.edu.ar; jmigliavacca@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN

El presente trabajo expone el proyecto de investigación desarrollado en una planta automotriz que tuvo como principal objetivo disminuir los reclamos por óxido en piezas de exportación, para lo cual se realizó un relevamiento del grado de aprovechamiento de las herramientas anticorrosivas de las que dispone la planta de mecanizado, se analizó la tecnología de embalaje y el método de trabajo empleado, como así también el proceso en la cabina de deshumidificación. En base a este relevamiento se planteó la necesidad de mejora de estos procesos, para lo que se propuso la reingeniería del proceso de deshumidificación y la estandarización y capacitación sobre el manejo de la tecnología anticorrosiva en embalajes, de acuerdo a la investigación realizada.

Con las propuestas expuestas se logra una reducción de recursos, eliminando 4 puestos de trabajo que no agregan valor, para redistribuir el recurso humano de manera más eficiente, además desde la aplicación de los cambios propuestos no se han recibido reclamos por óxido desde el cliente. Esto no significa que las mejoras constituyen una solución definitiva, pero si permite orientar resultados positivos que lleven a una disminución en la tendencia de reclamos, siempre que la aplicación de estos conceptos se sostenga en el tiempo.

Palabras Claves: reclamos, clientes, oxidación, reingeniería.

ABSTRACT

This paper describes a research project developed in an automotive plant aimed to reduce rust claims in export parts. The degree of use of the anti-corrosion tools available in the plant was reviewed, the packaging technology and the work method were analyzed, as well as the process in the dehumidification stage of production. Based on this analysis, the need to improve these processes was raised, therefore proposing a reengineering method on the dehumidification stage and a training plan on the handling of anticorrosion technology, along with standards emission on good practices and correct handling of these tools.

The implementation of these proposals led to a reduction of resources, removing 4 job positions that do not add value, allowing to reallocate human resources more efficiently. Moreover, since the implementation of these changes, no rust claims have been received from the customer. This does not mean that the improvements constitute a definitive solution, but it does allow us to guide positive results that lead to a decrease in the trend of complaints, provided that the application of these concepts is sustained over time.

Keywords: claims, clients, rust, reengineering.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue llevado a cabo en la planta de mecanizado de una automotriz donde se producen piezas de cajas de cambio, diferenciales y engranajes de motor para las plantas de montaje ubicadas en el exterior. La fábrica cuenta con once líneas de mecanizado: ejes, engranajes, piezas de sincronizado, piñones, coronas, porta-coronas y carcasas.

El estilo Toyota está compuesto por cuatro elementos principales: filosofía de largo plazo, proceso correcto, desarrollo de la gente y solución continua de problemas desde la raíz. Tomados juntos, estos elementos constituyen la receta secreta para la mejora continua, la creación de valor, y el desarrollo de la gente que continuará la misión de crear valor en el futuro [1]. Teniendo como base estas ideas, la empresa diseña su propio sistema de producción fijando tres principios fundamentales, que son el marco de este trabajo: el cliente primero, el respeto por el individuo y la eliminación de pérdidas.

El objetivo del trabajo es disminuir los reclamos por óxido en piezas de exportación, investigando la tecnología de embalaje y el método de trabajo empleado, como así también el proceso en la cabina de deshumidificación.

1.1. El Proceso

El proceso comienza con un mecanizado en blando, donde la materia prima (en adelante, material bruto), que ya tiene una geometría aproximada a la forma final de la pieza, se somete a procesos de centrado de eje de revolución, torneado de desbaste, creado de dientes y estrías, y rebabado. Luego se procede al tratamiento térmico de las piezas, donde se mejoran sus propiedades mecánicas y su estructura química, mediante la cementación superficial del acero en un proceso a 925 °C con atmósfera rica en carbono, incrementando la concentración de este último en la superficie de la pieza y produciendo el efecto buscado de endurecimiento. Se completa esta etapa con tratamientos térmicos de temple y revenido, para disminuir la fragilidad generada por el cementado. El proceso finaliza con un mecanizado en duro, donde las piezas se someten a torneado de rectificado y *honing* (tratamiento de pulido superficial con abrasivos), según corresponda a cada familia de artículos. Algunas familias de piezas, como contraejes y engranajes, llevan un proceso adicional de tratamiento en frío, denominado *Shotpeening*, que consiste en eyectar pequeñas esferas de molibdeno sobre la pieza a presiones elevadas, para mejorar sus propiedades mecánicas.

Al finalizar el proceso de mecanizado en duro, *Shotpeening* o granallado según sea el caso, se realiza un lavado de las piezas con una cuba de solución desengrasante alcalino por inmersión y otra con producto anticorrosivo con un secado posterior en caliente (entre 50 y 80 °C según cada máquina de lavado). A las piezas ya limpias y secas se les realiza una inspección de calidad de producto terminado, donde se verifican todas las características dimensionales y visuales que previene la especificación y el protocolo de calidad correspondiente a cada línea de producción. Se finaliza el proceso de producción con el embalaje final de las piezas, el cual viene dado por la unidad de embalaje correspondiente a cada artículo, para el cual existe una instrucción de embalaje específica que define los materiales a utilizar, el tamaño y tipo de pallet, la cantidad de piezas y los elementos de protección anticorrosiva que debe incluir.

Previo al sellado y cierre del pallet y posterior acopio, un porcentaje de los artículos son enviados a una cabina climatizada, en adelante cabina de embalaje, en condiciones controladas de humedad y temperatura, para evitar la oxidación de las piezas debido a la humedad dentro del pallet durante el *lead time* hacia el cliente. Aquí se sellan y cierran los cajones, los cuales quedan listos para su acopio en el almacén de producto terminado RTS (Ready to Ship).

En general, se busca que la operación de inspección y lavado se encuentren en el mismo sector de la última operación de producción realizada. La última operación, sea lavado o inspección de calidad, es la encargada de embalar las piezas, según las instrucciones emitidas por el área de logística. Dependiendo del destino de las piezas, los pallets serán cerrados en el mismo puesto de embalaje o en la cabina de embalaje, ya que todos los artículos con flujo a Europa deben pasar por la misma para su deshumidificación.

En la figura 1 se puede observar el proceso productivo, el almacén central acopia toda la materia prima recibida, y la plataforma logística acopia los productos semi-elaborados.

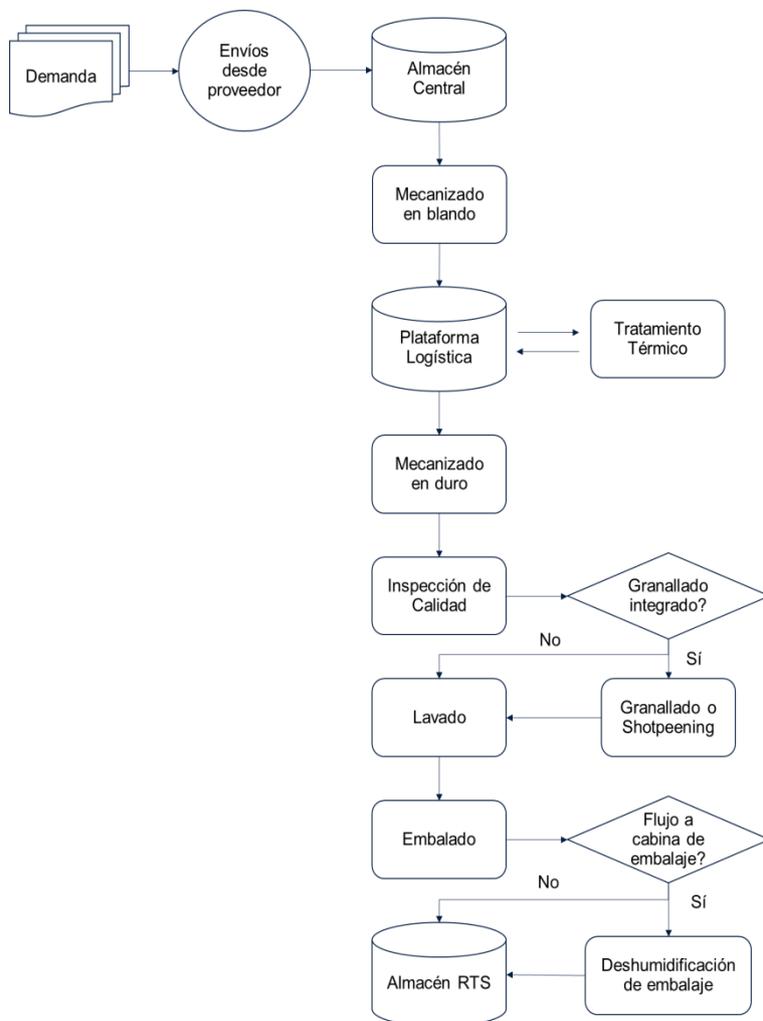


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso productivo

1.2. Marco Teórico

La corrosión en los metales puede definirse como una tendencia espontánea y natural a recuperar el estado oxidado en el que se encuentran en la naturaleza, con desprendimiento de energía, provocando el deterioro de sus propiedades tecnológicas [2].

Este fenómeno químico puede deberse a la humedad ambiente y a la humedad superficial. Debido a que la planta se encuentra ubicada en una localidad donde en algunos meses la humedad relativa puede ser superior al 80 % se utiliza una cabina de deshumidificación. Para la humedad superficial se utilizan técnicas adecuadas de secado. La condensación también puede ocurrir por una amplia diferencia de temperatura entre las piezas embaladas respecto al ambiente. Para evitar esto, es recomendable el embalaje con un gradiente menor a 10°C. También se aplica una tecnología anticorrosiva en el embalaje, la cual inhibe la acción corrosiva del medio sobre la pieza, cuyo uso se ve favorecido por su inocuidad y simplicidad de aplicación. Esta tecnología se denomina VCI (Vapores Inhibidores de Corrosión). El anticorrosivo volátil VCI es un producto estable que posee una presión de vapor tal, que a temperatura ambiente permite su sublimación, alcanzando la superficie del metal a proteger, formando un film invisible pasivante de corrosión.

1.3. Problemática inicial

De acuerdo a los objetivos del proyecto y planteada la necesidad de abordar los problemas por óxido en el flujo productivo, se cuantifica y clasifican los casos originados en un periodo significativo de producción, con lo cual sea posible establecer un orden de prioridad para comenzar sobre las líneas que sean más críticas, es decir, que presenten mayor cantidad de casos de óxido. En primer lugar, se relevan los reclamos de clientes, los cuales se encuentran archivados por orden histórico en el área de calidad. Cada reclamo incluye información sobre la pieza observada, la familia de artículos a la cual pertenece, zona afectada, fecha de detección, comentarios y orientación posible de la causa raíz, inferida por el cliente en base al tipo de óxido encontrado.

Los archivos consultados datan de enero de 2017 a agosto de 2019, fecha del relevamiento. Se contabilizan un total de 10.994 piezas oxidadas. De los datos se tiene que las familias de engranajes de caja, sincronizados (conos, collares, sincronizados 269 & 922) y ejes (contraejes,

ejes de entrada, ejes principales) reciben el 94% del total de reclamos, con el 6% restante destinado a carcasas de diferencial y palieres.

En segundo lugar, se aplica el criterio ABC, basado en la regla de Pareto, para las familias de productos afectadas, según cantidad de piezas y según cantidad de reclamos. Con todos estos elementos de análisis se concluye que las familias más críticas son tres: ejes (contraejos, ejes principales, ejes de entrada), engranajes y sincronizados (conos, collares) y se acuerda trabajar sobre ellas por el impacto que puede generar en el sector.

El análisis se completa con el relevamiento y clasificación de datos sobre las causas raíces que originan los reclamos. Se arman cinco categorías en base a la información de cada uno. La causa más común de óxido está en las máquinas lavadoras, donde se evidencia suciedad en la superficie de la pieza, por manchas de producto o aceite residual, o por secado deficiente. El segundo lugar corresponde a los embalajes. Aquí se incluyen los focos de oxidación producidos por un mal sellado del pallet, presencia de humedad en los materiales de embalaje, o bien un mal uso de la tecnología anticorrosiva disponible. Le siguen los desvíos surgidos de la producción, como esperas excesivas en almacenes de productos en proceso sin el embalaje adecuado, mezcla de piezas desechadas como scrap con piezas aptas para producción, o bien errores en el flujo a la cabina de embalaje. Se crea también una categoría para los casos que todavía estaban abiertos al momento del relevamiento. Finalmente, se incluye al óxido proveniente del material bruto adquirido desde proveedores, que no llega a manifestarse hasta que la pieza ha tenido avance en el flujo productivo e incluso llegado hasta el cliente. Este análisis se complementa con un diagrama de Ishikawa con todas las causas posibles de oxidación considerando las seis categorías diferentes: empleados, materiales, método, medioambiente, mediciones y máquinas.

Considerando los criterios expuestos, se concluye que para mitigar la formación de óxido a lo largo de la cadena de producción se debe poner el foco en tres procesos claves: las operaciones de lavado, el proceso de embalaje, y la etapa de deshumidificación del flujo de producción. En éstos se concentra la causa raíz de la mayoría de los reclamos recibidos, y asimismo es en donde se detectan mayores oportunidades de mejora. Si bien el análisis demuestra la causa principal en lavadoras, el estudio no las comprende por la gran inversión requerida, en consecuencia, se enfoca en lo que corresponde a embalajes y método de trabajo debido a la factibilidad de realizarlo.

2. METODOLOGIA Y RESULTADOS

2.1. Tecnología VCI

El mecanismo de funcionamiento del material VCI aplicado al método de embalaje, se observa en la figura 1. La primera etapa inicia cuando se cierra el cajón de embalaje y los vapores VCI emitidos desde los soportes físicos (papel, bolsas y tarjetas de cartón) comienzan a saturar el ambiente interno del pallet debido a que, por su carácter volátil, su presión de vapor es mayor a la presión interna del cajón. A medida que esto ocurre, la presión interna va aumentando hasta igualar la presión de vapor de los vapores VCI, provocando la interrupción de su emisión. Este punto se denomina estado de equilibrio y constituye la etapa 2 del mecanismo, alcanzada aproximadamente a la media hora desde su comienzo. En este punto, los vapores VCI se encuentran presentes en la atmósfera interna del cajón con la estabilidad suficiente para depositarse sobre la superficie metálica de la pieza, formando la capa protectora, y dando inicio a la última etapa de protección, la cual se mantiene siempre y cuando no se rompa la hermeticidad del ambiente interno, con la consecuente disminución de la concentración de VCI y pérdida de estabilidad, disolviendo dicha capa [3].

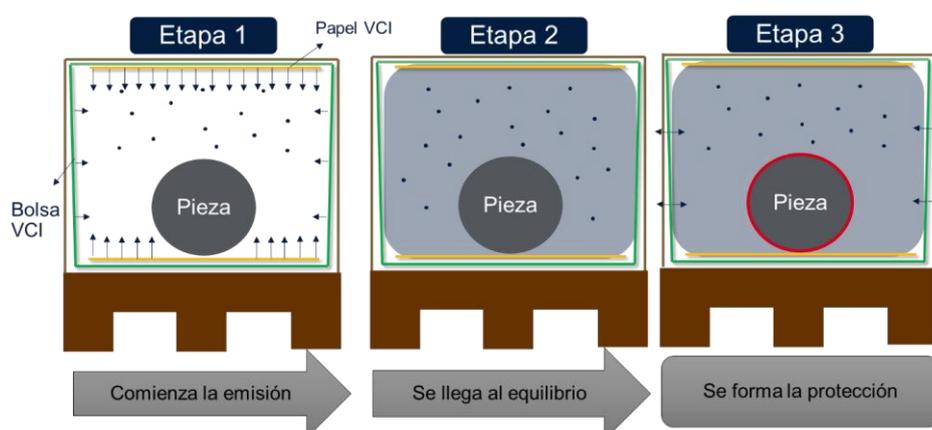


Figura 2. Mecanismo de funcionamiento de la protección formada por vapores VCI.

Los soportes físicos presentan diferencias en el aspecto físico, la tasa de emisión y el tiempo efectivo de emisión.

En el aspecto físico, se utiliza la bolsa para sellar y aislar el ambiente de producto terminado del ambiente agresivo en el cual es transportado, del que se puede filtrar humedad o algún agente contaminante. El papel kraft resulta conveniente para evitar el contacto entre las capas de piezas dentro del embalaje y también como absorbente de humedad ante eventuales problemas de condensación. Las tarjetas de cartón son portadoras de productos VCI de fácil manipuleo y disposición dentro del embalaje.

La tasa de emisión del VCI es baja en las bolsas, o sea tiene una emisión más prolongada, y para el papel y la tarjeta la tasa de emisión es alta lo que genera un rápido agotamiento del VCI contenido.

En la tabla 1 se aprecian las desviaciones detectadas en la utilización del VCI a partir de un relevamiento de su utilización realizado en la planta y que por su naturaleza representan una oportunidad de mejora.

Tabla 1. Resumen del relevamiento de la aplicación VCI en planta.

Característica	Desviaciones y oportunidades de mejora
Aspecto organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existe un sector responsable integralmente por la aplicación de la tecnología VCI en la planta. • Desinformación entre los puestos de trabajo que la utilizan.
Aspecto operativo	<ul style="list-style-type: none"> • El método es incompatible con los tiempos efectivos de emisión de vapores VCI. • Operarios no están capacitados en las prácticas correctas de aplicación.
Aspecto técnico	<ul style="list-style-type: none"> • Las instrucciones de embalaje están elaboradas según <i>Know-how</i> y no acorde a criterios técnicos definidos y cuantificables.

2.1.1 Modificaciones propuestas

En primer lugar, se propone concentrar la responsabilidad sobre la gestión de adquisición y conocimiento técnico del VCI en el área de Logística, para volcar toda la información hacia las instrucciones de embalaje emitidas. La misma debe dar soporte a Calidad para investigar causas raíces relacionadas al embalaje. Para ello, se llevan adelante una serie de capacitaciones orientadas a todo el personal afectado al embalaje, con el fin de unificar el conocimiento en planta y desestimar los conceptos erróneos existentes. Se insta a los operarios a mantener cerrada la bolsa siempre que no se esté trabajando en el embalaje. De esta manera, el ambiente cerrado logra saturarse de moléculas VCI y alcanzar el estado de equilibrio para formar la protección e interrumpir la emisión. Esto no sólo preserva el producto VCI, sino que mantiene las piezas protegidas. Se hace énfasis en que el ambiente interno de un cajón de producto terminado debe ser lo más estéril posible, evitando el ingreso de cualquier tipo de contaminación externa. Esto se logra simplemente manteniendo cerrada la bolsa.

Se determina que el papel y las tarjetas deben agregarse en la última fase del embalaje, no en láminas o capas como se utiliza habitualmente, sino en tiras o rollos, posibilitando su introducción posteriormente a la de las piezas. También se prevé que, ante la necesidad de reabrir un cajón para inspección, se debe cambiar el papel VCI original al momento de cerrarlo nuevamente, ya que una vez se rompe el sello de la bolsa, la concentración de equilibrio se pierde junto con la capa protectora. Como el papel original ya ha cedido la mayoría de su producto para la saturación inicial, no tiene utilidad para una nueva saturación, debiendo ser reemplazado.

Se termina la propuesta con la implementación de criterios técnicos cuantificables para la creación de instrucciones de embalaje. En base a consultas con distintos proveedores, se asignan criterios de área total VCI a colocar, según área de piezas a proteger o bien según volumen del embalaje para cuando no se tengan datos de superficie.

Se incluyen recomendaciones respecto a la distancia entre superficie emisora y superficie a proteger, ya que la velocidad de dispersión de las moléculas VCI, regida por el movimiento browniano, no es muy elevada y es menor a la dispersión de moléculas de agua en el aire, por lo que conviene mantenerlas a distancias cercanas.

Con respecto al estudio de costos la motivación de este estudio está en que una bolsa VCI cuesta 6 veces más que una bolsa común. Establecida esta diferencia, se detectan varias aplicaciones en planta debido a su mera aislación física como polímero y no por su acción anticorrosiva, lo que origina grandes costos de embalaje sin ningún agregado de valor. Por ejemplo, se analiza el caso de los ejes de entrada, donde se utiliza un espaciador de madera, y los espacios vacíos se rellenan para que las mismas no tengan un grado de movimiento dentro del embalaje. Como la madera no puede estar en contacto con las piezas metálicas debido a que es un absorbente natural de humedad y compuestos ácidos, es necesario aislar la misma con una bolsa. Ya que el objeto de la misma no es su protección VCI, se cotiza una bolsa común con las medidas necesarias.

Contabilizando la demanda mensual de ejes de entrada, se realiza el estudio económico, y se observa un ahorro total de U\$S 34.344.

2.2. Cabina de Deshumidificación

Para asegurar el cerrado del embalaje en condiciones de baja humedad y temperatura, se utiliza una cabina con ambiente controlado de acuerdo a principios psicrométricos.

En una situación normal de producción, las lavadoras entregan piezas completamente limpias y secas. Debido a problemas en el secado de una de las lavadoras, se implementó una etapa nueva en la cabina de deshumidificación, dividiendo la misma en dos partes, un área destinada al secado, en adelante denominada cabina de secado, y otra de menor tamaño destinada a la deshumidificación del ambiente, en adelante, cabina de embalaje. La cabina de secado opera a una temperatura de 30 °C y una humedad relativa de 40%, con el objetivo de eliminar la humedad superficial de las piezas.

2.2.1. Relevamiento del proceso

La Organización Internacional del Trabajo define que el Estudio del Trabajo es la aplicación de ciertas técnicas que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras [4]. Para ello define un procedimiento que se tuvo como marco teórico para realizar el relevamiento del proceso en la cabina y su posterior reingeniería.

El proceso se inicia con el ingreso de los carros a la cabina de secado, abriendo el embalaje para su deshumidificación, tal como se aprecia en la Figura 3. Luego del tiempo requerido se trasladan los carros hacia la cabina de embalaje, donde se completa y se cierra el embalaje, flejando el cajón para el egreso del carro y acopio final del pallet por parte de los operarios del almacén RTS.

La cabina de embalaje no tiene un tiempo de ciclo estandarizado, ya que las piezas de engranajes manejadas en carros debían ser embaladas por completo en esta etapa, asegurando así el embalaje con aire en condiciones especificadas. Sin embargo, como se ve en la figura 3 la disposición de las piezas no permite un recambio de aire instantáneo, por lo que se requiere de cierto tiempo para la deshumidificación del pallet.



Figura 3 Embalaje de ejes de entrada previo a su ingreso a la cabina de deshumidificación

2.2.4. Reingeniería del proceso de deshumidificación

Se realizaron una serie de estudios sobre el funcionamiento de la cabina y se elaboró la propuesta de asignar la cabina al área de Logística, ya que es una operación relacionada al embalaje y además el sector ya se encarga de la recolección de Producto Terminado hacia el almacén RTS, flujo que incluye a la cabina. Se logra también un mayor control sobre todo el flujo de piezas ya que Logística tiene una visión integral del proceso productivo. Con el cambio de responsabilidad se agiliza la aplicación del resto de los conceptos que se tratan en esta propuesta.

Se plantea la eliminación de la etapa de secado ya que, a partir del relevamiento realizado, las condiciones originales establecidas para su implementación no son las actuales. La argumentación de esta propuesta está en que los problemas en el secado de piezas deben resolverse en su lugar de origen, que son los túneles de secado de las máquinas lavadoras, y no en una etapa adicional.

El flujo calórico necesario para el secado depende de tres variables, el coeficiente pelicular de transferencia (relacionado a parámetros dinámicos del aire sobre la superficie de la pieza), el área de exposición y el gradiente de temperatura entre el medio caliente y la superficie fría [5]. El túnel de secado de una máquina lavadora está diseñado para optimizar cada uno de estos parámetros, ya que opera con un flujo de aire seco a presión con tiro forzado en dirección tangente a la superficie de la pieza, la cual está expuesta en su totalidad. La temperatura de proceso es de 80°C, 30°C por encima de la temperatura de lavado, que se realiza a 50°C, estableciéndose así el gradiente entre la pieza y el medio secante. Por el contrario, el proceso de secado en la cabina no es comparable al del túnel, pues tiene una potencia considerablemente menor. De manera se concluye que el efecto de la cabina es despreciable en relación al de los túneles por lo tanto la cabina de secado no tiene efecto apreciable frente al proceso de secado en lavadora.

2.2.5. Modificaciones en la cabina de embalaje

Para definir los tiempos de permanencia en la cabina se efectúan mediciones de temperatura y humedad relativa con higrómetros y termómetros de sensor capacitivo, con el objeto de medir cuanto tiempo le toma al aire contenido en el pallet pasar de las condiciones exteriores a las condiciones internas de la cabina y disminuir la temperatura de las piezas hasta valores cercanos a la temperatura ambiente, como es recomendado para su embalaje. Se considera que el proceso se completa una vez que se miden las mismas condiciones de humedad y temperatura de la cabina dentro del pallet, con una tolerancia de ± 5 °C.

A partir de los ensayos realizados, se concluye que no es posible definir un tiempo único para todos los artículos, ya que éste depende del embalaje, que restringe el flujo de aire dentro del cajón, y de la masa de las piezas, pues a mayor masa, mayor inercia térmica, por lo que se requiere más tiempo para disminuir su temperatura. Por ello se define un tiempo de permanencia de 2 horas para carcasas de diferencial, mitad porta-coronas y sincronizados, y de 4 horas para los ejes y engranajes, en función a las mediciones efectuadas complementadas con información de benchmarking con otras plantas.

Se propone asimismo un sistema de identificación de cada carro ingresado, rediseñando el layout con posiciones definidas para la ubicación de los pallets, de manera de registrar su posición y su hora de ingreso para programar así su hora de egreso e identificarlos rápidamente en los casos en que haya más de un cajón de un mismo artículo dentro de la cabina.

Se plantea entonces el rediseño la cabina de embalaje, ampliando la actual para poder absorber mayores tiempos de permanencia, puesto que a mayor tiempo habrá mayor acumulación de cajones y por ende será necesario más espacio.

2.2.6. Rediseño de la cabina de embalaje

La propuesta de rediseño está motivada por el cambio en el flujo de artículos, lo que afecta el tamaño requerido de la cabina, y por la eliminación de la cabina de secado, debiendo modificar la infraestructura de la misma.

Para dimensionar la nueva cabina se debe tener en cuenta la cantidad de pallets que ingresan en un cierto periodo y su tiempo de permanencia en la misma suponiendo un escenario de máxima capacidad productiva y un solo turno de producción en el cual se producen únicamente artículos con ruta de exportación al exterior. Se verifica y se complementa este estudio con un método de simulación realizado en el software de simulación de procesos de manufactura ProModel Simulation.

Con los resultados del dimensionamiento se procede al diseño del layout de la cabina. Se decide aumentar la capacidad calculada en un 50% como factor de seguridad, ya que el flujo futuro puede aumentar debido a un pronóstico de incrementos en la demanda de artículos del exterior, la cual varía año a año.

Se complementa el estudio con el análisis del puesto de trabajo, que se ve modificado por las decisiones adoptadas respecto a cambios en los tiempos de ciclo del proceso, flujo de piezas y estándares de trabajo, elaborando y analizando el diagrama de hilos del flujo en la cabina y el diagrama hombre-máquina [6]. Por ello se profundiza el análisis para encontrar alternativas en la propuesta del puesto de trabajo, definiendo el nuevo flujo de proceso, para contabilizar los tiempos necesarios para el cumplimiento de las operaciones en la cabina y los desplazamientos dentro del puesto de trabajo, para luego obtener un factor de carga de trabajo que cuantifique la demanda del puesto, posibilitando la toma de decisiones sobre el nuevo proceso. El diagrama de flujo de la figura 4 muestra el método de trabajo propuesto, en base a las modificaciones desarrolladas en el rediseño.

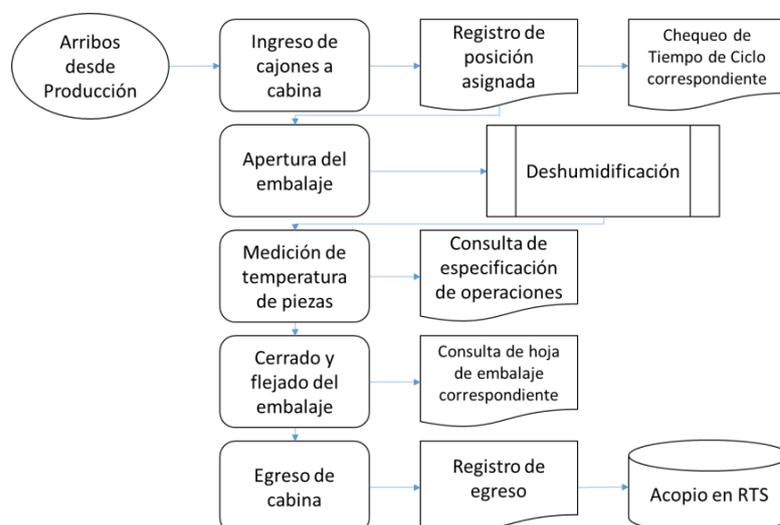


Figura 4 Diagrama de flujo propuesto en cabina

Para mayor trazabilidad del proceso el operario debe registrar la posición en la cual sitúa el carro dentro de la cabina. Se prevé que los pallets ya vengan en carros desde la línea de producción, ya que se utilizará un tren de arrastre para el traslado en vez de un autoelevador, desplazando todos los cajones en carros acoplados a dicho tren. Esto simplifica la tarea de cargar los mismos en carros pertenecientes a la cabina previo al ingreso. Luego debe consultar el tiempo de ciclo correspondiente al artículo del pallet, ya que el mismo depende de la familia de piezas y no tiene un valor único. Una vez registrado el mismo se abre el embalaje del cajón, exponiendo su atmósfera interna para la deshumidificación. Una vez se cumple el tiempo de ciclo, el operario debe medir la temperatura de las piezas, verificando que la diferencia entre ésta y la temperatura de la cabina no sea mayor a 5°C. Esto lo hace midiendo una pieza en el centro del pallet con un termómetro infrarrojo de pistola. Una vez hecha la verificación se completa el embalaje de acuerdo a la instrucción correspondiente y se cierra el cajón. Finalmente se retira el carro de la cabina, se descarga el pallet y se lo envía a las estanterías de acopio en el almacén RTS. Esta última tarea se agrega al proceso para evitar el almacenamiento de productos en proceso entre la cabina y RTS.

En base a esto, se relevan los tiempos de las operaciones del proceso y luego se construye un diagrama de hilos del flujo, para obtener mediante su sumatoria el tiempo total en actividad del operario y el factor de carga de trabajo.

Observando el bajo valor de la carga de trabajo, luego de un estudio de movimientos del operario, se propone combinar las tareas de cabina con las actividades de otro puesto destinado a la recolección de producto terminado hacia el almacén RTS, operación conocida como *picking*. Este puesto es ideal para incluir las operaciones de cabina, pues cuenta con una carga de trabajo similar y con un flujo de trabajo que la incluye, al situarse ésta entre la salida de producción y el envío a RTS.

Se rediseña el puesto de forma que abarque la recolección de cajones listos para entrega, pasando por la cabina de embalaje para ingresar aquellos pallets que requieran deshumidificación y egresar aquellos pallets deshumidificados, para finalizar en el almacén RTS. Esto no presenta dificultades, ya que la cabina se encuentra adyacente y próxima al almacén. Luego, en el tiempo disponible entre cada circuito de recolección, el operario de *picking* se encarga de las tareas de cabina.

Se observa que el factor de carga de trabajo permanece dentro del rango recomendado, lo que muestra la viabilidad de la propuesta. Se define entonces este nuevo puesto, que libera tres puestos de trabajo previamente destinados a la cabina que dejan de ser necesarios, posibilitando la redistribución de tres operarios al resto de actividades de planta.

3. CONCLUSIONES.

Detectar las causas de los focos de oxidación es una tarea extenuante, debido a la dificultad de establecer una trazabilidad a lo largo de todo el proceso, y a que existen numerosos factores y condicionantes que contribuyen a su formación. En este marco, se trabajó sobre los procesos de prevención para proveer herramientas organizativas y técnicas lo más claras y aplicables como sea posible.

De esta manera se evitan problemas de trazabilidad en el proceso de embalaje, al rediseñar las instrucciones y el método de trabajo de tal forma que todo el material VCI necesario para formar la protección sea añadido en la etapa final del embalaje, previo al cierre del pallet, asegurando su efectividad.

Respecto a la cabina de embalaje, el rediseño de las operaciones se desarrolla de forma tal que se requiere el registro del tiempo de permanencia de cada pallet dentro de la cabina y la medición de los parámetros higrométricos en el interior del mismo previo a su egreso, como indicadores clave de la efectividad del proceso, con el consecuente incremento en la trazabilidad. Asimismo, modificando la disposición por capas del material VCI es posible asegurar la deshumidificación sin perjudicar la cantidad de VCI añadido.

Sin embargo, la mitigación total de los problemas de óxido depende del esfuerzo conjunto de todos los sectores de la planta, desde las directivas a nivel gerencial hasta la fuerza de trabajo en el piso de fábrica. En este punto, la efectividad de los procesos depende en última instancia del trabajo consistente de los operarios de cada puesto, quienes deben recibir capacitación continua y apoyo constante de la organización.

Este proyecto contribuyó a clarificar las responsabilidades, la comunicación y las directivas empleadas mediante la documentación adecuada de la información para la toma de decisiones, la cuantificación de parámetros de control, la emisión de estándares de trabajo y material de capacitación. Todas estas herramientas requieren de aplicación constante y sostenida, con la debida retroalimentación, para poder asegurar la prevención a largo plazo y seguir poniendo foco en la mejora continua de estos procesos.

El área de Logística asume un rol protagonista, coordinando la aplicación VCI, la deshumidificación de cabina, y la emisión y control de instrucciones de embalaje, tres procesos diferentes pero muy relacionados, que originalmente eran incompatibles entre sí.

Con las propuestas expuestas se logra también una reducción de recursos, eliminando 4 puestos de trabajo (3 en cabina de embalaje y 1 en una lavadora) que no agregan valor, para redistribuir el recurso humano de manera más eficiente, y regulando el uso de las bolsas VCI para aquellas aplicaciones en que su característica anticorrosiva no constituya el objeto principal de su utilización.

Desde la aplicación de los procesos VCI y el seguimiento de proceso en la cabina en Diciembre de 2019 hasta la fecha, Abril de 2020, no se han recibido reclamos por óxido desde el cliente. Esto no significa que las mejoras constituyen una solución definitiva, pero si permite orientar resultados positivos que lleven a una disminución en la tendencia de reclamos, siempre que la aplicación de estos conceptos se sostenga en el tiempo.

4. REFERENCIAS.

- [1] Iyer, Ananth V.; Seshadri, Sridhar; Vasher, Roy. (2011). *Administración de la cadena de suministro Toyota: un enfoque estratégico a los principios del célebre sistema de Toyota*. Editorial McGraw-Hill. España.
- [2] Callister, William; Rethwisch, David. (2015). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. España. 2ª edición (traducción 9ª edición original). Editorial Reverté. España
- [3] Genovez, Mário C.; Hrdina, Radim; Schultz, Marcel. (2012). “Inibidores de Corrosão Utilizando a Tecnologia V-Active VCI: Conceito e Aplicação”. *INTERCORR 2012 Salvador/BA*
- [4] Kanawaty, George. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. 4ª edición (revisada). Oficina Internacional del Trabajo (OIT). Ginebra.
- [5] Geankoplis, Christie. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. University of Minnesota. 3ª Edición. Continental.
- [6] Meyers, Fred. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. 2ª Edición. Pearson Educación. México.

Análisis del rendimiento productivo en el sector de aserraderos: aplicación de modelos de regresión lineal

Mantulak, Mario José; Nelli, Silvana Sofía; Bresciani, Julio Cesar; Yasinski, Sonia Ester; Michalus, Juan Carlos.

*Laboratorio de Gestión Tecnológica y Estadística Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial,
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones
Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina*
mantulak@fio.unam.edu.ar, nelly_sofia@yahoo.com.ar, juliocesarbresciani@gmail.com,
soniyasinski@fio.unam.edu.ar, michalus@fio.unam.edu.ar

RESUMEN

La utilización de herramientas estadísticas en el análisis del proceso de aserrío resulta muy útil para establecer rendimientos de producción. El estudio se llevó a cabo en un aserradero de la provincia de Misiones, Argentina. El objetivo del trabajo se enfocó en la utilización de modelos de regresión lineal simple para aportar evidencia empírica sobre los rendimientos productivos que tiene el aserradero en función de los diferentes rangos diametrales de los troncos que procesa. Para ello se realiza un muestreo estadístico en cada uno de los cuatro rangos de diámetros de troncos definidos por la empresa, luego se realiza el seguimiento en el proceso productivo de los troncos seleccionados, por rango diamétrico, para establecer el grado de aprovechamiento por cada tronco y consecuentemente por cada rango. Los principales resultados permitieron determinar los volúmenes maderables del aserradero para los diferentes rangos diamétricos, y a partir del análisis de regresión lineal aplicado a cada rango, se obtuvieron modelos predictivos que permiten establecer el rendimiento productivo en cada caso. Finalmente, los resultados de la investigación permitieron la transferencia de conocimientos al establecimiento productivo, y, además, su consideración y análisis en el marco de los contenidos curriculares que se desarrollan en la asignatura de probabilidad y estadística 1, correspondiente a la currícula de las diferentes carreras que se dictan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones.

Palabras Claves: Estadística aplicada, Regresión lineal; Rendimiento productivo; Aserraderos.

ABSTRACT

The use of statistical tools in the analysis of the sawing process is very useful to establish production yields. The study was carried out in a sawmill in the province of Misiones, Argentina. The objective of the work was focused on the use of simple linear regression models to provide empirical evidence on the productive yields that the sawmill has as a function of the different diametral ranges of the trunks it processes. For this, a statistical sampling is carried out in each of the four trunks diameter ranges defined by the company, then the production process of the selected logs is monitored, by diameter range, to establish the degree of use for each trunk and consequently for each rank. The main results allowed determining the timber volumes of the sawmill for the different diameter ranges, and from the linear regression analysis applied to each range, predictive models were obtained that allow establishing the productive performance in each case. Finally, the results of the research allowed the transfer of knowledge to the productive establishment, and also, its consideration and analysis within the framework of the curricular contents that are developed in the subject of probability and statistics 1, corresponding to the curricula of the different careers that are dictated in the Faculty of Engineering of the National University of Misiones.

Keywords: Applied Statistics, Linear Regression; Productive Performance; Sawmills.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los polos forestales más importante de la República Argentina está situado en la Provincia de Misiones, con altos índices de crecimiento de las especies forestales, una capacidad maderera industrial muy incipiente, un marco legal y ambiental adecuado para favorecer la inversión privada en el área de especies implantadas, como en industrias y servicios forestales [1]. A ello hay que sumarle el hecho de la implementación una fuerte política gubernamental a través de líneas estratégicas de desarrollo forestal en el corto y mediano plazo.

Conocer minuciosamente el desempeño productivo de una organización, es menester para poder gestionarla de una forma eficiente, ligada a determinada porción del aparato productivo, se requiere conocer, por un lado, internamente y en detalle las variables de control involucradas en los procesos de producción y el grado de interrelación entre ellas, por otro lado, el grado de influencia o repercusión de cada una de las variables mencionadas en el entorno en que se desenvuelve, evaluado en un contexto económico y social.

La experimentación estadística resulta esencial para el seguimiento de las diversas etapas de un proceso mediante el tratamiento estadístico de los datos recopilados, con el objeto de evaluar la variabilidad, con lo cual es posible mejorar el control sobre dicho proceso. Por ello el diseño del experimento no debe ser muy complejo, para que no resulte en una actitud de escepticismo por parte del empresario-dueño del aserradero, quien en la mayoría de los casos se muestra poco convencido con la aplicación de herramientas de análisis de elevado contenido teórico.

En el contexto de esta investigación llevada a cabo por los integrantes de la cátedra, resulta imprescindible que los resultados de la misma puedan ser luego transferidos al aula. El dictado de la materia Probabilidad y Estadística 1 se desarrolla a través de dos tipos de actividades, una de corte netamente teórico, y otra referida a la ejercitación planteada a través de los denominados trabajos prácticos. En las consignas de ejercicios de trabajos prácticos se utiliza la información obtenida de las actividades de investigación de la cátedra. Una actividad que permite a los alumnos experimentar con datos reales, implica mejorar la comprensión de los conceptos impartidos [2].

Asimismo, en el ámbito de la materia se desarrolla el Proyecto de promoción de la investigación encuadrado dentro del Programa de Investigación del departamento de matemática, y el cual tiene como propósito impulsar la transferencia de los resultados de la investigación a los alumnos. Por ello, se plantea que es fundamental que los ejercicios planteados a los alumnos se encuentren relacionados con su futura profesión, en particular si es posible utilizar la estadística para su resolución, lo cual les sirve de motivación para el estudio de la asignatura [3].

Por otra parte, esta experiencia permite a los alumnos observar que la estadística es inseparable de sus aplicaciones y que su justificación está en su aplicación a problemas externos a la misma [4]. Por ello, se destaca la trascendencia que tiene el involucramiento de los integrantes de la cátedra en actividades de investigación, de modo que puedan transferir a los estudiantes los conocimientos y experticias devenidas de la aplicación de técnicas estadísticas a determinadas actividades productivas de la región.

En el presente trabajo, es necesario, además, utilizar técnicas que permitan trascender, a partir de los datos muestreados en el experimento, hacia un posible estado de situación generalizado en mayor escala del proceso productivo bajo análisis. En función de ello, el objetivo del trabajo se centró en la aplicación de herramientas estadísticas que posibilitan la utilización de modelos de regresión lineal simple para aportar evidencia empírica sobre los rendimientos productivos en función de los diferentes rangos diametrales de los troncos que procesa un aserradero de la provincia de Misiones. Esta experimentación resulta muy pertinente, puesto que los alumnos de grado tienen la posibilidad de vincular conceptos estadísticos aplicados a una actividad productiva, con un enfoque práctico dentro del currículo de enseñanza de la Ingeniería.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño del muestreo se trabajó en función de la clasificación de troncos preestablecida por la empresa, según clases diamétricas (diámetros de troncos). Así, se tienen identificados tres categorías de troncos, según los rangos de diámetros de 14 a 20 cm, de 21 a 27 cm, y de 28 cm o más. Puesto que, se estableció la necesidad de obtener los volúmenes productivos generados por cada una de las categorías de troncos, se utilizó el método de muestreo estratificado con reposición. Para lo cual se estableció un total de tres estratos a estudiar, uno por cada categoría de troncos, se definió que la cantidad de troncos a muestrear por categoría debía ser de 15 unidades, con una afijación del tipo uniforme.

Una vez realizado el procedimiento de aleatorización y determinados los troncos a muestrear en cada estiba, se los marcó con pintura en cada una de sus caras; cada tronco se pintó con un color diferente para poder realizar el seguimiento de sus partes aserradas. Se organizaron los troncos según su clase diamétrica, y se obtuvieron medidas de las siguientes dimensiones: dos longitudes en generatrices opuestas, dos diámetros tomados en cruz en la punta gruesa del tronco y dos diámetros tomados en cruz en la punta fina del tronco; luego se consiguieron promedios de cada una de las dimensiones de cada tronco.

Luego de que el rollo ha pasado por la sierra sin fin principal, se tienen un pan principal y dos costaneros. El pan principal sigue por la línea principal, pasa por la sierra circular múltiple y luego por las sierras circulares; los costaneros van a línea de recuperación, pasan por la sierra sin fin simple y la sierra circular, y luego reingresan las tablas obtenidas a la línea principal.

En esta etapa del proceso se tiene en cuenta lo sugerido por el Instituto Forestal de Chile [5], donde se miden en cada una de las tablas obtenidas, dos medidas de longitud, cuatro de espesor, y de tres del ancho. Luego se calculan valores promedio de las tres dimensiones (longitud, espesor y ancho) de cada una de las tablas. De igual manera se trabaja para obtener las medidas de las tablas de la línea de recuperación, y calcular los correspondientes promedios de las medidas de cada una de ellas.

2.1. Cálculo de volúmenes maderables

Para determinar el volumen de cada tronco (VT) se utiliza la fórmula de Smalian, de acuerdo con Tuset y Duran [6], para la cual se toman las medidas de los diámetros de punta fina y punta gruesa, con ellas se hallan las áreas de cada punta, obteniéndose posteriormente un promedio de ambas, y luego multiplicándose este valor por la longitud del tronco.

Para obtener el volumen aserrado correspondiente al pan principal (Vp), se trabaja a partir de los promedios calculados de los espesores, anchos y longitudes de cada tabla, obteniéndose primero un volumen por tabla, y luego se suman todos los volúmenes de las tablas obtenidas de un mismo tronco, determinándose el volumen maderable del pan principal. Para establecer el volumen aserrado correspondiente la línea de recuperación (Vr), se procede de igual manera que para la línea principal, hallándose el volumen maderable de los costaneros de recuperación.

Por último, se determina el volumen productivo (Vpro) de cada tronco, de cada una de las tres clases diamétricas. Para ello, sumamos el volumen maderable proveniente del pan principal y el volumen maderable proveniente de los costaneros de recuperación; para obtener el volumen productivo por tronco. A partir de ello, se suman todos los volúmenes productivos de los troncos para determinar el volumen productivo total por clase diamétrica.

2.2. Determinación modelos de regresión lineal y correlación para los volúmenes maderables

La teoría de regresión lineal simple consiste en un método en el cual interviene la variable dependiente o respuesta y una sola variable independiente o predictor, se utilizan para: analizar datos bivariados un conjunto de pares ordenados $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$, con la finalidad de determinar si un ajuste lineal es adecuado, calcular la ecuación de la recta si lo es, y usar esta ecuación con el fin de hacer inferencias respecto de la relación entre ambas cantidades [7]. Un modelo probabilístico es abstracto hasta que se lo relaciona con las observaciones de un fenómeno de la vida real, y a partir de los datos de una muestra del fenómeno observado existen muchas situaciones en las cuales se toman medidas sobre una variable aleatoria que dependen de una o más variables controlables. En el presente trabajo se ha considerado que las muestras provienen de poblaciones que poseen una distribución normal.

Como se indicó anteriormente, la regresión lineal consiste en hallar la ecuación de una función que se ajuste al comportamiento de las variables en estudio. El criterio utilizado para seleccionar una función lineal es el del método de los Mínimos Cuadrados, el que proporciona determinada relación entre las variables estudiadas y sugiere el tipo de ecuación que mejor se ajusta a los datos.

El grado de exactitud en la predicción depende de la correlación que existe entre las dos variables, cuya medida usual es el coeficiente de correlación lineal de Pearson, cuyos valores absolutos oscilan entre 0 y 1; cuanto más cerca de 1 mayor ser la correlación, y menor cuanto más cerca de cero se encuentra. Sin embargo, a los efectos del presente trabajo el coeficiente de determinación R^2 , tiene un mayor interés en términos de proporción de variabilidad explicada pues da una idea más cabal sobre la bondad de ajuste de la ecuación de regresión [8].

3. RESULTADOS

3.1 Aplicación a una empresa de aserrío

El establecimiento de referencia procesa rollos de pino en el aserradero, para lo cual utiliza diferentes tipos de estaciones de trabajo: acopiado, corte con sierra sin fin principal, corte con sierra circular múltiple, corte con sierra circular simple (despuntado), corte con sierra sin fin horizontal (tableado) y corte con sierra circular doble (canteado).

Al ingresar al aserradero los troncos pasan primeramente por una sierra sin fin principal, de donde se obtiene el pan principal y los panes de recuperación. El pan principal pasará a continuación a las sierras circulares múltiples y circulares simples para la obtención de las tablas de primera calidad. Dichas tablas irán a un baño anti hongos para finalmente realizarse un secado natural de las mismas.

Por otro lado, los panes de recuperación pasarán a una línea secundaria, donde se los corta con sierras sin fin y sierras circulares simples, obteniéndose tablas de segunda calidad que se incorporan a la línea principal para recibir el baño anti hongo y pasar al secado.

En la Tabla 1 se resumen los valores promedio de volúmenes totales (VT), volúmenes de pan principal (Vp), volúmenes de pan de recuperación (Vr) y volúmenes productivos (Vpro), como suma de los dos anteriores, todo ello para la clase diamétrica de 14 a 20 cm.

Tabla 1 Volúmenes promedios de la clase simétrica de 14 – 20 (cm), expresados en cm³

Diámetro: 14 a 20 (cm)				
Tronco	V _T	V _p	V _r	V _{pro}
1	82.596,14	30.052,23	8.805,51	38.857,74
2	48.666,67	17.942,19	4.689,82	22.632,01
3	66.209,83	22.287,49	8.751,42	31.038,91
4	56.323,53	21.556,95	5.397,45	26.954,40
5	66.122,60	22.604,73	6.794,41	29.399,14
6	68.825,18	25.813,02	7.645,69	33.458,71
7	70.142,45	28.569,68	8.514,05	37.083,73
8	81.736,57	27.574,86	8.714,99	36.289,85
9	75.788,33	29.045,28	9.152,29	38.197,57
10	70.692,28	27.593,96	9.221,40	36.815,36
11	58.677,56	23.949,21	7.234,22	31.183,43
12	59.879,45	25.132,25	7.742,15	32.874,40
13	63.845,22	22.987,92	6.243,51	29.231,43
14	78.968,47	31.621,31	9.623,50	41.244,81
15	76.133,86	33.180,48	8.979,45	42.159,93
Promedio	68.307,21	25.994,10	7.833,99	33.828,09

En las Figuras 1, 2 y 3 se construyen los diagramas de dispersión para la clase diamétrica de 14 a 20 (cm), y se trazan las rectas de regresión correspondientes a los valores promedio de volúmenes, de pan principal (Vp), de pan de recuperación (Vr) y productivos (Vpro), en el eje de ordenadas y los valores promedio de volúmenes totales (VT) en el eje de abscisas, para analizar la relación que existe entre ellos. Además, en cada caso, se calculan los coeficientes de determinación.

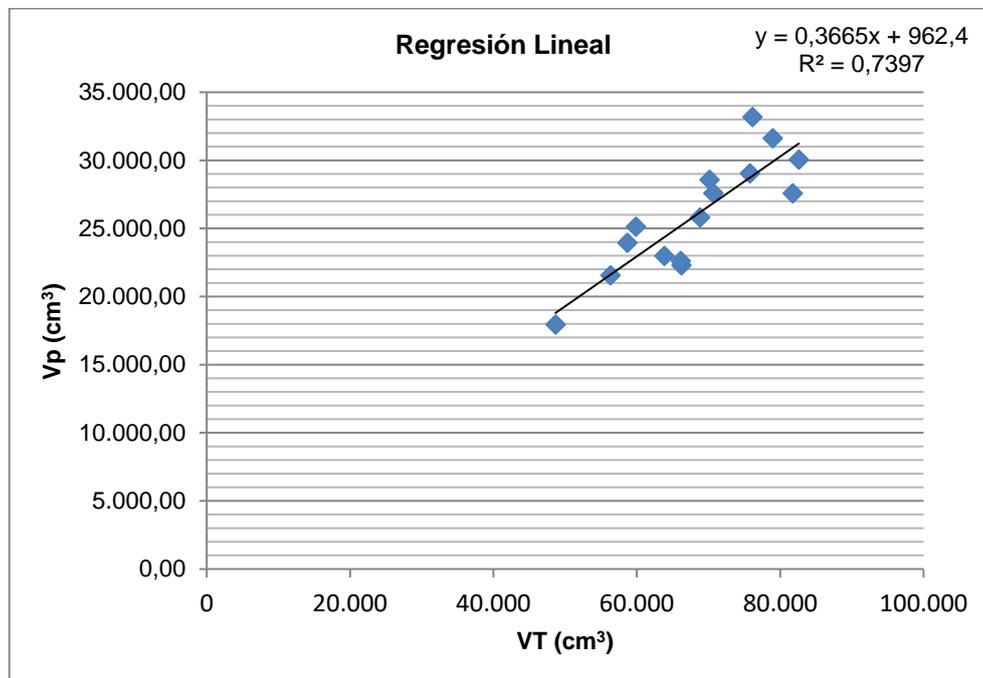


Figura 1 Regresión lineal total entre el Vp y el VT.

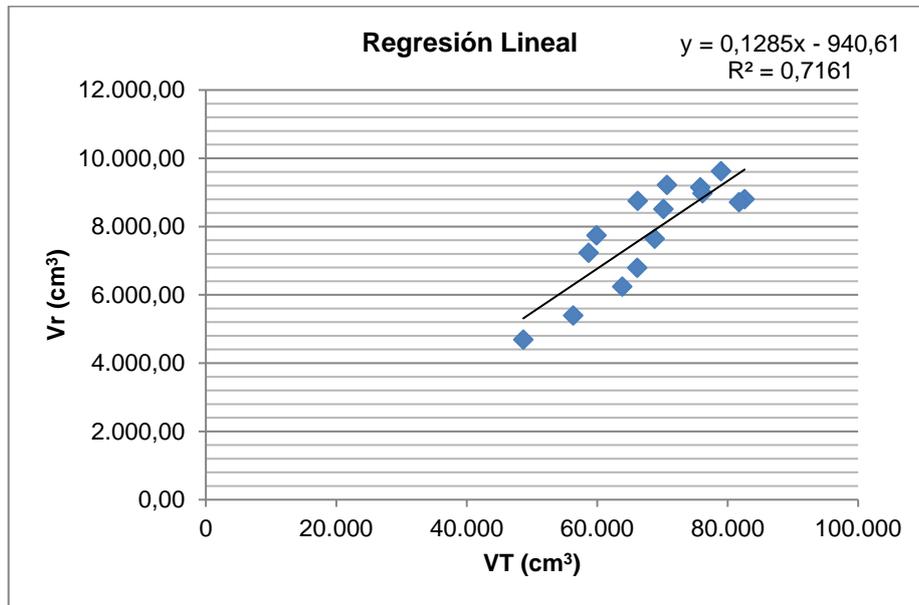


Figura 2 Regresión lineal total entre el Vr y el VT.

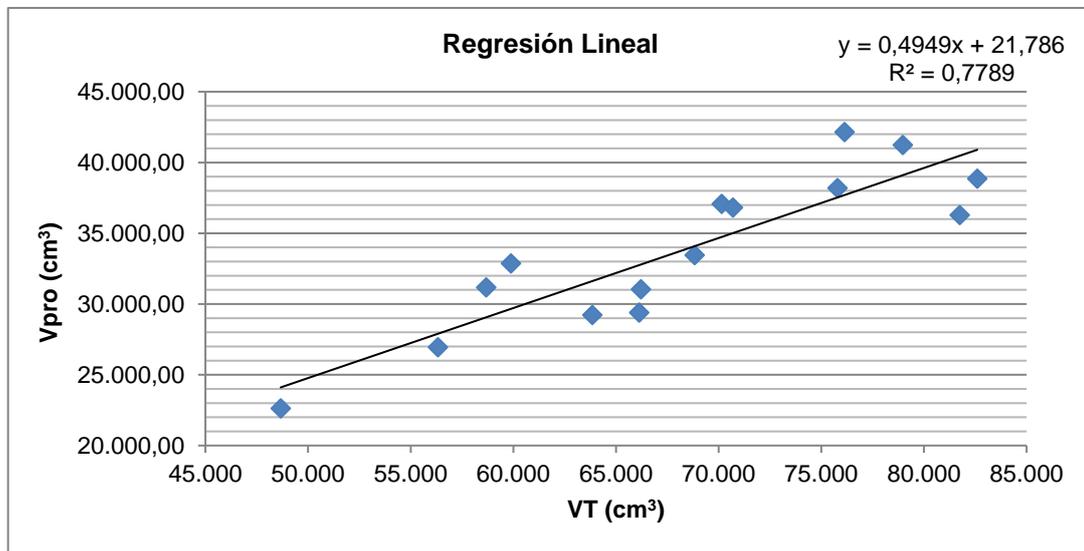


Figura 3 Regresión lineal total entre el Vpro y el VT.

En la Tabla 2 se resumen los valores promedio de volúmenes totales (VT), volúmenes de pan principal (Vp), volúmenes de pan de recuperación (Vr) y volúmenes productivos (Vpro), como suma de los dos anteriores, todo ello para la clase diamétrica de 21 a 27 cm.

Tabla 2 Volúmenes promedios de la clase simétrica de 21 – 27 (cm), expresados en cm³

Diámetro: 21 a 27 (cm)				
Tronco	V _T	V _p	V _r	V _{pro}
1	147.256,61	42.516,88	32.932,16	75.449,04
2	136.260,13	37.244,48	29.344,77	66.589,25
3	158.231,57	44.978,25	35.934,16	80.912,41
4	128.849,56	36.932,52	25.403,92	62.336,44
5	94.500,40	29.530,27	20.869,76	50.400,03
6	89.779,50	28.156,88	18.869,76	47.026,64
7	84.509,85	25.441,31	17.869,76	43.311,07
8	89.645,77	28.911,19	18.869,76	47.780,95
9	104.683,12	32.394,61	22.403,25	54.797,86
10	119.853,23	36.251,74	21.403,24	57.654,98
11	127.656,61	37.716,88	26.732,16	64.449,04
12	153.878,43	45.860,29	34.732,16	80.592,45
13	89.779,50	28.156,88	18.869,76	47.026,64
14	89.645,77	25.911,19	16.869,76	42.780,95
15	129.853,23	36.251,74	23.403,22	59.654,96
Promedio	116.292,22	34.417,01	24.300,51	58.717,51

En la Figura 4 se construye un diagrama de dispersión para la clase diamétrica de 21 a 27 (cm) los puntos correspondientes a los valores promedio de volúmenes productivos (Vpro) en el eje de ordenadas y los valores promedio de volúmenes totales (VT) en el eje de abscisas, para analizar la relación que existe entre ellos. Además, se calcula el coeficiente de determinación.

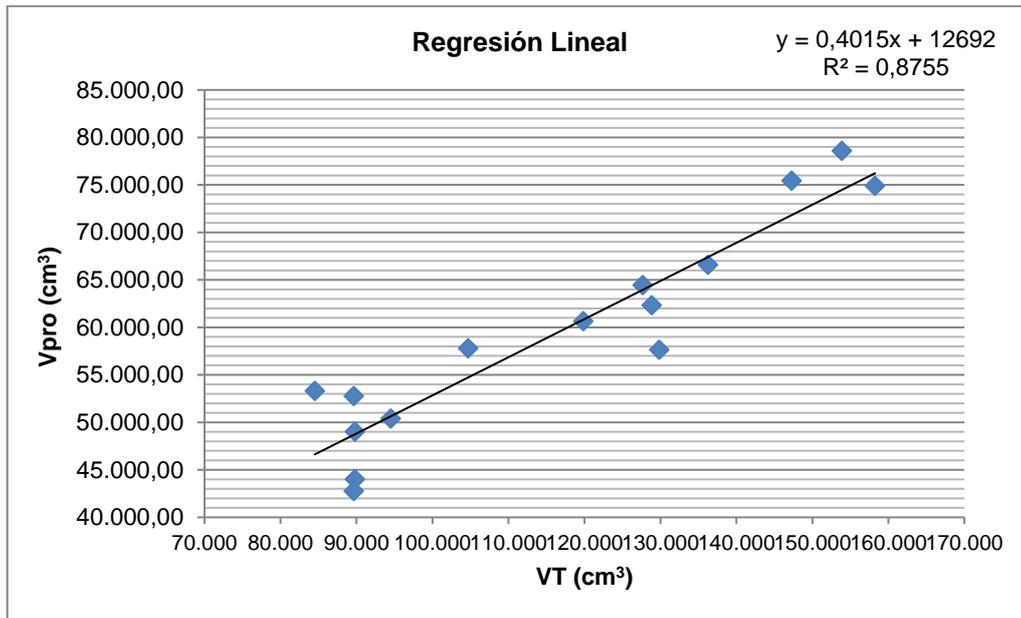


Figura 4 Regresión lineal total entre el Vpro y el VT.

En la Tabla 3 se resumen los valores promedio de volúmenes totales (VT), volúmenes de pan principal (Vp), volúmenes de pan de recuperación (Vr) y volúmenes productivos (Vpro), como suma de los dos anteriores, todo ello para la clase diamétrica de 28 o más cm.

Tabla 3 **Volúmenes** promedios de la clase simétrica de 28 o más (cm), expresados en cm³

Diámetro: 28 o más (cm)				
Tronco	V _T	V _p	V _r	V _{pro}
1	178.190,66	76.609,09	38.076,77	114.685,86
2	201.511,81	88.784,08	41.076,77	129.860,85
3	199.266,77	86.070,11	42.076,77	128.146,88
4	210.857,85	86.775,11	45.191,92	131.967,03
5	175.397,32	68.583,05	34.076,77	102.659,82
6	179.637,65	65.718,51	32.076,77	97.795,28
7	209.216,78	76.871,54	32.076,77	108.948,31
8	197.497,02	72.434,52	34.115,15	106.549,67
9	169.498,89	67.363,58	35.115,15	102.478,73
10	211.799,44	82.214,86	54.153,54	136.368,40
11	188.190,66	79.624,19	43.123,78	122.747,97
12	197.378,12	78.234,25	32.076,77	110.311,02
13	209.216,78	76.871,54	32.076,77	108.948,31
14	201.511,81	73.784,08	32.076,77	105.860,85
15	179.778,89	69.456,76	32.076,77	101.533,53
Promedio	193.930,03	76.626,35	37.297,82	113.924,17

En la Figura 5 se construye un diagrama de dispersión para la clase diamétrica de 21 a 27 (cm) los puntos correspondientes a los valores promedio de volúmenes productivos (Vpro) en el eje de ordenadas y los valores promedio de volúmenes totales (VT) en el eje de abscisas, para analizar la relación que existe entre ellos. Además, se calcula el correspondiente coeficiente de determinación.

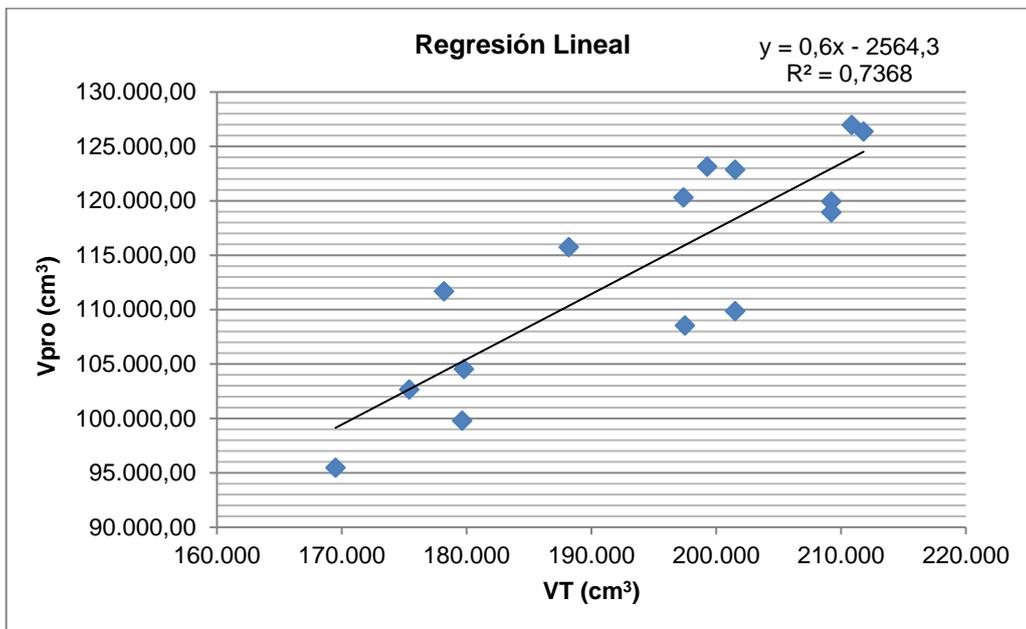


Figura 7 Regresión lineal total entre el Vpro y el VT.

A partir de las Tablas 1, 2 y 3 se pueden calcular el rendimiento productivo promedio de los troncos, a partir de realizar el cociente entre el volumen promedio aprovechado (Vpro) y el volumen promedio total de los troncos (VT). De esta manera se presenta en la Tabla 4 un resumen porcentual de valor de rendimientos productivos obtenidos, a partir de las muestras de troncos de las diversas clases diamétricas que son clasificadas dentro del aserradero.

Tabla 4 Valores de rendimiento productivo para cada clase diamétrica.

Rangos de Rendimientos Productivos Volumen para las clases diamétricas		
14 a 20 cm	21a 27 cm	28 cm o más
49,52%	51,06%	58,67%

4. CONCLUSIONES

En general no existe un patrón de aumento progresivo de los volúmenes productivos con respecto al incremento de los diámetros de los troncos, según sus clases. Puesto que depende de varios factores tales como el diagrama de corte, la forma del tronco, las fallas estructurales en el tronco, los criterios de corte de cada operador de la sierra principal, entre otros aspectos.

Mediante el análisis de regresión lineal simple para los volúmenes de pan principal y volúmenes de recuperación se obtuvieron modelos que permiten determinar el volumen productivo a partir del volumen de tronco ingresado. Fue posible establecer mediante el análisis de correlación la relación lineal existente entre los volúmenes de madera ingresados y los correspondientes volúmenes aprovechados.

Los rendimientos productivos para la clase diamétrica de 28 o más de los troncos muestreados, representan en promedio los mayores valores, con un 58,67% de aprovechamiento de la madera. Mientras que, para la clase de 21 a 27 cm, el rendimiento que se obtuvo fue del 51,06%, próximo al de la clase de 14 a 20cm que fue del 49,52%.

El trabajo permitió determinar el rendimiento productivo del emprendimiento maderero a través una experimentación del muestreo de lotes de troncos y aplicación de herramientas estadísticas, lo que resultó de utilidad para la futura planificación de actividades del aserradero. Además, la investigación resulta de utilidad en el desarrollo de las clases de las asignaturas de probabilidad y estadística 1 y 2, con el objetivo de lograr un análisis integral en el abordaje de determinados contenidos teóricos de la currícula y su utilización en actividades de campo, en el contexto de las carreras de la Facultad de ingeniería de la UNaM.

5. REFERENCIAS

- [1] Zorrilla, A. (2004). Evaluación de sustitución por tecnologías limpias – Industria del aserrado. División para el Desarrollo Sustentable (Naciones Unidas) y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Argentina). Buenos Aires, Argentina.

- [2] Batanero, C. Didáctica de la Estadística. *Grupo de Investigación en Educación Estadística*. Universidad de Granada. Granada, España.
- [3] Behar Gutiérrez, R. Mil y una dimensiones del aprendizaje de la estadística. *Estadística española*, Vol. 43, No 148, 2001, pp 189–207 (2001).
- [4] Batanero, C. y Díaz, C. El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. *I Congresso de Estatística e Investigaçao Operacional da Galiza e Norte de Portugal*, Guimarães, Portugal (2005).
- [5] Instituto Forestal de Chile: *Manual N° 16 - Principios de organización y Operación del Aserradero*. División Regional Concepción (1989).
- [6] Tuset, R. y Duran F.: *Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización*. Editorial Hemisferio Sur, Uruguay (1995).
- [7] Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers y Sharon L Myers: Probabilidad y Estadística-Aplicaciones a la Ingeniería, novena edición. Editorial Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Venezuela, (2012).
- [8] Diego Fernando Cardona Madariaga, Javier Leonardo González Rodríguez, Miller Rivera Lozano, Edwin Cárdenas Vallejo. Inferencia estadística módulo de regresión lineal simple. Documento de investigación N° 147. Editorial Universidad del Rosario, Escuela de Administración (2013).

Otras fuentes consultadas

- García, R.: *Inferencia Estadística y Diseño de Experimentos*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina (2004).
- Cardona Brain, G. Análisis del sector forestal argentino. *Montes, Revista del ámbito forestal*. Colegios y Asociaciones de Ingenieros de Montes e Ingenieros Técnicos Forestales. Madrid, España. N° 89 (2º trimestre), pp. 32-36 (2007).
- Navidi W.: *Estadística para Ingenieros y Científicos*. Mc Graw Hill Interamericana, D.F. México (2006).
- Pérez López, C.: *Muestreo estadístico - conceptos y problemas resueltos*. Pearson-Prentice Hall, España (2005).
- Tinto, J. C.: *Tecnología de las Maderas Argentinas y del Mundo*. Editorial Agro Vet S.A., Argentina (1997).

Modelo exacto para el dimensionamiento del tamaño de pedidos con deterioro de los insumos

Mieras, Margarita Miguelina; Tobares, Tania Daiana; Sánchez Varretti, Fabricio Orlando*; Palma, Ricardo Raúl; Forradellas, Raymundo

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Grupo SiCo. Gral. Urquiza 314, 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina.
fabriciosanchezv@yahoo.com.ar*

RESUMEN

La necesidad de las empresas de reducir costos, incrementar sus ganancias y ser sustentables ha llevado a concentrarse en las actividades logísticas para lograr estos objetivos. La gestión de inventarios es una alternativa para reducir los costos de las organizaciones a través de una mejor gestión de las materias primas y su distribución. Es interesante investigar el comportamiento de los tamaños de los grupos de pedidos para satisfacer las necesidades del sistema de producción.

En este trabajo presentamos un modelo teórico de aprovisionamiento que contempla el deterioro temporal de los insumos a la vez que determina el tamaño óptimo del lote de pedido. Con esta solución analítica exacta es posible interpretar y estudiar el proceso productivo en profundidad.

Palabras Claves: planificación, tamaño de lote, deterioro.

ABSTRACT

The need for companies to reduce costs, increase their profits and be sustainable has led them to focus on logistics activities to achieve these objectives. Inventory management is an alternative to reduce the costs of organizations through better management of raw materials and their distribution. It is interesting to investigate the behavior of the sizes of the groups of orders to satisfy the needs of the production system.

In this work we present a theoretical supply model that considers the temporary deterioration of inputs while determining the optimal size of the order lot. With this exact analytical solution, it is possible to interpret and study the production process in depth.

Keywords: planning, lot size, deterioration.

1. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones se encuentran en constante búsqueda para reducir los costos en sus operaciones diarias e incrementar beneficios lo que ha generado que centren la atención en las actividades logísticas [1]. Uno de los objetivos para alcanzar el éxito empresarial es tener un buen control de los inventarios y de la cadena de abastecimiento. Mantener cantidades innecesarias de materias primas o insumos implica un alto costo y este representa una cantidad de dinero detenido, lo cual genera un costo de oportunidad además de las pérdidas que se pueden generar por el deterioro de los productos. Entre las metas que debe proponerse una compañía se encuentra presentar un buen nivel de servicio contando con los inventarios estrictamente necesarios. Para ello debe recurrir a diversas herramientas avanzadas y metodologías que le permitan presentar un nivel adecuado de existencias en almacén sufriendo la oferta y demanda fluctuante.

En este contexto, se ha demostrado que la política óptima de dimensionamiento de lotes en la cadena de suministro (SC) tiene un papel industrial importante. Los tamaños de lotes definidos correctamente permiten a las empresas reducir costos y ofrecer un valor adicional a los clientes [2].

El problema del tamaño del lote es uno de los más importantes en la producción y el control de inventario [3]. Tomar las decisiones correctas respecto a cuándo y cuánta cantidad de materia prima y/o insumos adquirir afectará directamente el rendimiento del sistema y su productividad, lo que influirá sobre el nivel de competitividad de la empresa en el mercado.

Esta investigación desarrolla avances teóricos para la creación de una herramienta aplicable en pequeñas y medianas empresas que les permitirá conocer, a los tomadores de decisiones, la estrategia óptima para el abastecimiento de las necesidades reales de sus organizaciones. Además, si por algún motivo esta alternativa no fuese viable desde el punto de vista práctico, también ofrecerá información sobre cuáles son las estrategias que siguen en orden creciente de costos para que puedan hallar aquella que resulte más adecuada en su contexto organizacional. Esto resulta factible gracias a que se analizan todas las opciones de pedido que tiene el sistema.

En principio se identifican y describen las variables que caracterizan al sistema. La atención se centra en decisiones de dimensionamiento de lotes de un solo nivel, Single-item Capacitated Lot Sizing problem (CLSP) del tipo NP-Hard [4]. Además, se considera el deterioro u obsolescencia de los artículos y como esto repercute en las variables a estudiar. No se utiliza el supuesto de que los artículos pueden utilizarse indefinidamente. En la práctica, se deterioran (o degradan) con el tiempo y alcanzan el 100 % del deterioro en su fecha de caducidad [5].

El presente trabajo hace foco en el análisis del comportamiento del sistema cuando los requerimientos varían de un periodo a otro dentro de un horizonte de planificación determinado. La investigación se realiza en el marco del conteo exhaustivo de opciones de pedido, tópico en el que los autores venimos trabajando desde hace años. En este caso se estudia la relación que existe entre las necesidades de cada periodo, el tamaño del lote de pedido y el costo de cada política de aprovisionamiento.

2. METODOLOGÍA

En la planificación de requerimientos de materiales (MRP) interesa saber cuál es la forma óptima de realizar la adquisición de insumos en función de un costo mínimo para optimizar el sistema y tender a la sustentabilidad.

Definir el tamaño del lote de pedido es un problema frecuente y también uno de los más complejos en lo que respecta a la planificación de la producción, su complejidad depende de diversos elementos para tener en cuenta para su análisis.

En principio, se puede asignar a cada uno de los periodos i una cantidad a pedir $\alpha_i \geq 0$, Tabla 1. Interesa saber cuál es la forma óptima de realizar la adquisición de insumos logrando un costo mínimo para alcanzar la optimización del sistema.

Tabla 1 Requerimientos α para cada período i en un sistema de tamaño $N=5$.

Periodos (i)	1	2	3	4	5
Requerimientos (α)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
Tamaño de agrupamiento (a_{jk})	3			2	
Cantidad de pedidos (N_{p_j})	2				

Se puede apreciar en la Tabla 1 un ejemplo para un tamaño de sistema $N=5$ en el cual se realizan dos pedidos ($N_{p_j}=2$), el primer pedido de tamaño de agrupamiento tres ($a_{j1}=3$) indica que se abastecen los periodos $i=1,2,3$ y el segundo pedido de tamaño de agrupamiento dos ($a_{j2}=2$) establece que se abastecen los periodos $i=4,5$. Se han desarrollado distintas técnicas que indican la cantidad de periodos a agrupar de modo de realizar una adquisición de recursos para cubrir las necesidades de ese grupo de periodos.

Se propone analizar todas las combinaciones, que tamaño de agrupamiento es más preponderante. Los resultados se obtendrán de la ejecución de un programa computacional de desarrollo propio especialmente diseñado para generar todas las combinaciones posibles de formas

de pedir los insumos necesarios para N periodos a través de $2^{(N-1)}$. Luego calcular los costos asociados a cada una de esas alternativas posibles [6,7]

Interesa saber con qué frecuencia aparecen los distintos tamaños de agrupamientos que arrojan las soluciones óptimas en relación con la cantidad promedio de requerimientos en un tamaño N de sistema. Además, analizaremos diferentes situaciones referidas a los requerimientos de materiales. El caso más sencillo es cuando estas cantidades son constantes en cada uno de los periodos, sistema homogéneo. Por otro lado, también estudiaremos cuando los requerimientos son variables considerando un porcentaje de variación en cada periodo, sistema heterogéneo. De esta manera podremos proponer una política óptima de abastecimiento de materiales en cada uno de estos sistemas.

2. RESULTADOS.

Resulta interesante investigar cuales son los tamaños de agrupamiento (a_{jk}) que predominan en cada solución óptima en relación con el promedio total de cantidades de requerimientos en un sistema N . También es importante ver cómo se comportan estos tamaños en función de la relación de costos C_p/C_m . Identificando estos agrupamientos podemos reducir el tiempo de búsqueda de la solución óptima dentro de todas las formas posibles de realizar el aprovisionamiento. Desarrollaremos una serie de experimentos numéricos donde simularemos distintas cantidades requeridas en un tamaño de sistema N . Para ello establecemos las necesidades totales para un sistema de tamaño $N=6$ en forma aleatoria. Asignamos distintas cantidades a la variable α_i . Se tendrá en cuenta el análisis de un sistema homogéneo y heterogéneo sabiendo que este último recibe una variación $\pm 10\%$. Establecemos costo de pedir $C_p=100$; costo de mantener $C_m=1$. Este procedimiento se repetirá para distintas cantidades a pedir en cada intervalo.

Los ensayos se llevarán a cabo para distintas cantidades de requerimientos $1 \leq \alpha_i \leq 120$ y $N=6$. Comenzaremos con un sistema homogéneo donde las cantidades en cada periodo se mantienen constante para una relación de costos $C_p/C_m=100$.

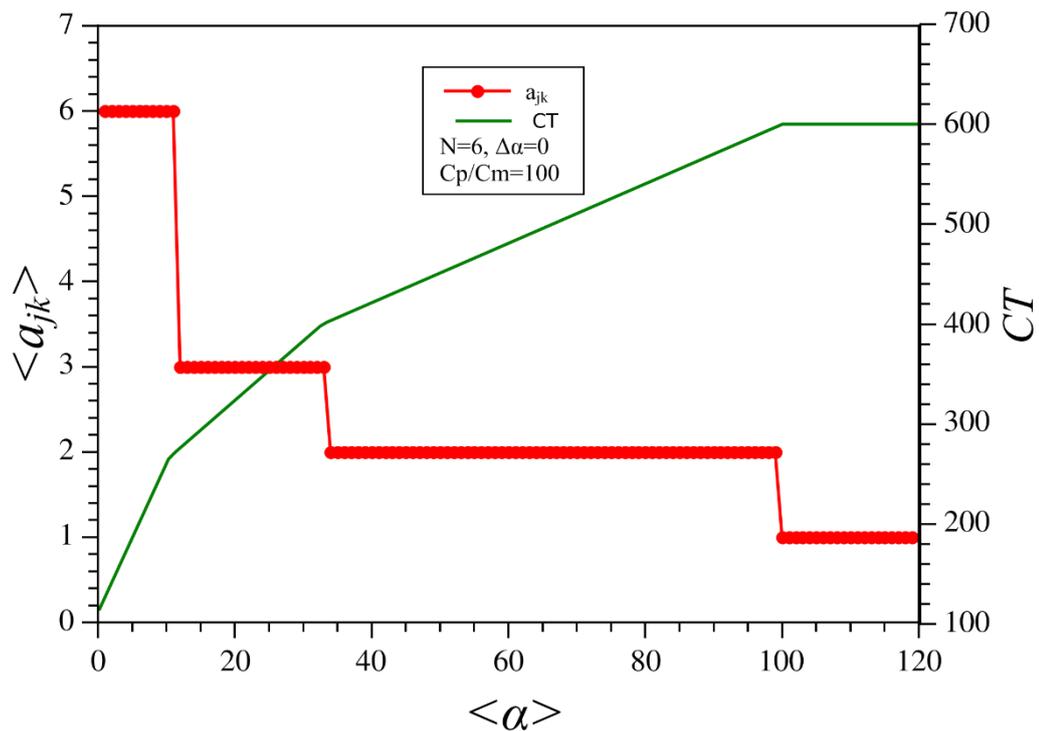


Figura 1 Tamaño promedio del pedido (a_{jk}) y Costo Total (CT) en función de las cantidades promedio requeridas ($\Delta\alpha=0$) en cada periodo (i).

Podemos observar en la Figura 1, para un determinado intervalo de cantidades α a pedir el tamaño promedio de los agrupamientos óptimos de pedido se mantiene constante. Cuando estos valores de α alcanzan cierto umbral el tamaño promedio de ellos se reduce lo que podemos visualizar en los diferentes escalones que aparecen en la figura. Esto se debe a que al aumentar las cantidades pedidas se incrementa el costo de mantener en relación con el costo de pedir, siendo preferible realizar más pedidos y mantener menos cantidades en inventario.

Luego analizamos un sistema heterogéneo donde las cantidades en cada periodo varían en un porcentaje de $\pm 10\%$ para una relación de costos $C_p/C_m=100$, Figura 2.

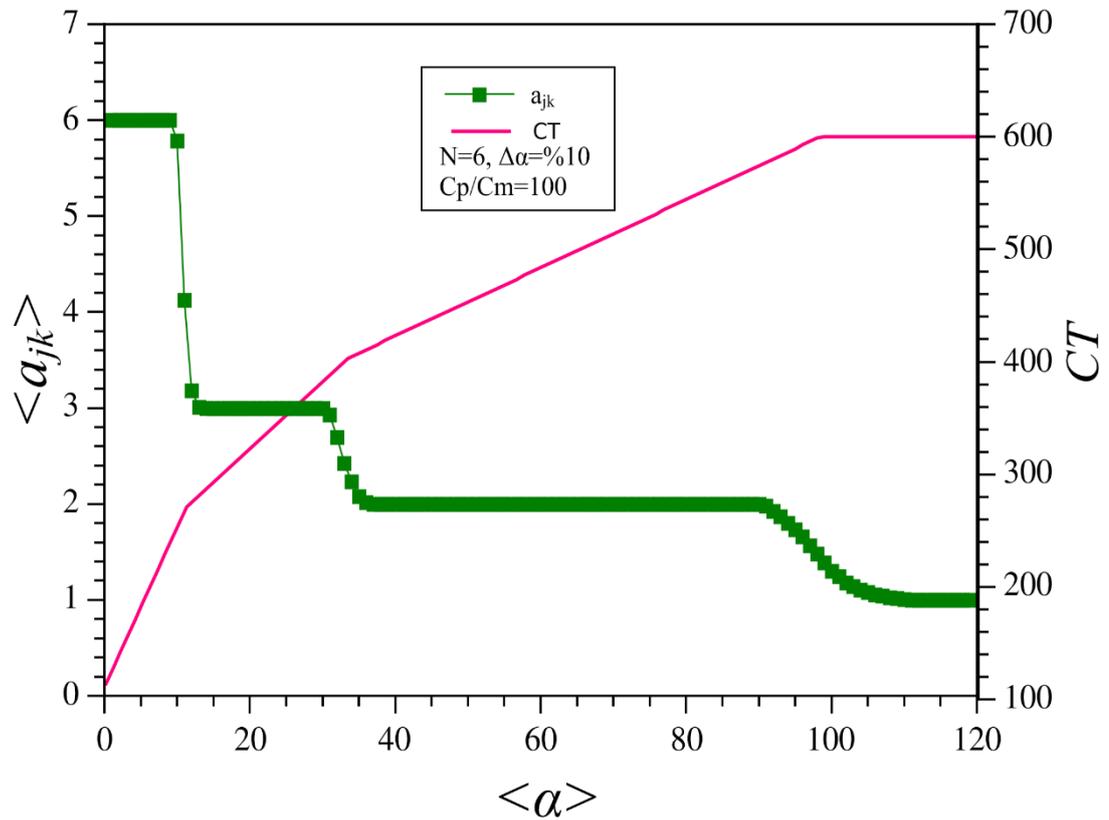


Figura 2 Tamaño promedio del pedido (a_{jk}) y Costo Total (CT) en función de las cantidades promedio requeridas ($\Delta\alpha=\pm 10$) en cada periodo (i).

Podemos observar que a medida que aumentan las cantidades promedio requeridas del sistema los saltos al pasar de un tamaño de agrupamiento a otro no son tan abruptos por lo que no se perciben soluciones óptimas concentradas en un determinado valor a_{jk} .

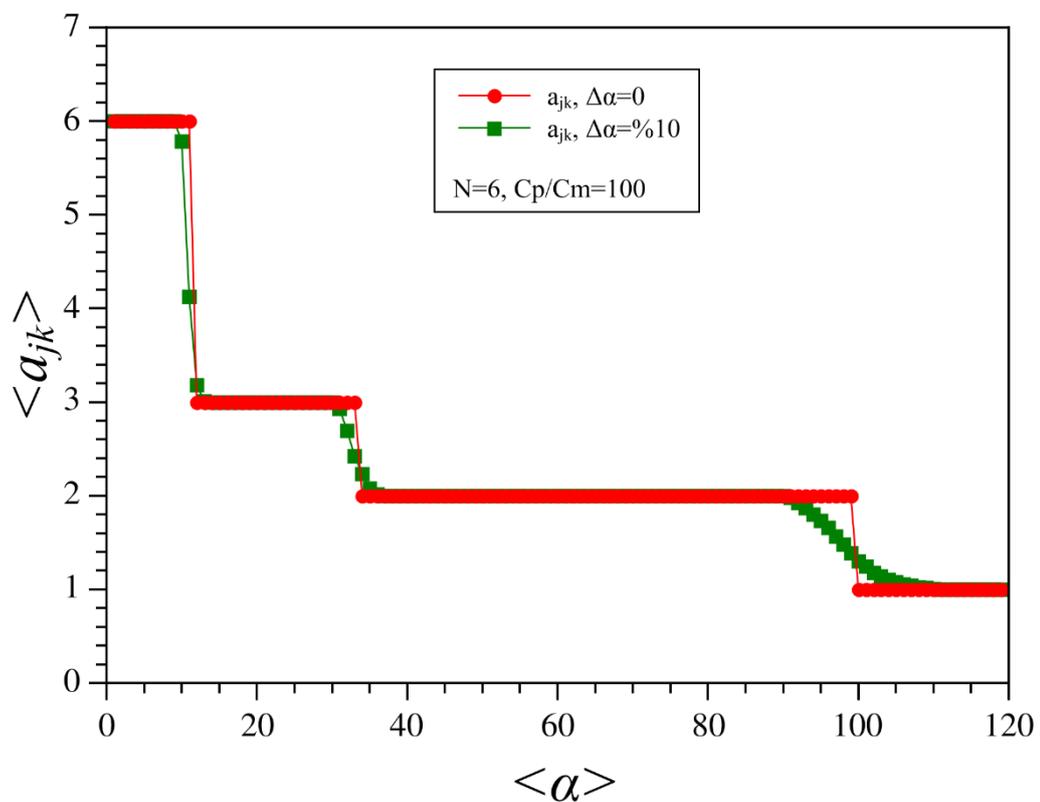


Figura 3 Tamaño promedio del pedido (a_{jk}) en función de las cantidades promedio requeridas para $\Delta\alpha=0$ y $\Delta\alpha=\pm 10$ en cada periodo (i).

En la figura 3 se comparan los resultados de los dos casos anteriores para los tamaños de pedido en función de las cantidades requeridas. Se observa que al permitir la variación de las necesidades de cada periodo los cambios en la política de aprovisionamiento no son abruptos. Esto implica que se presentan distintos tamaños de pedido que tienen un costo mínimo.

También podemos observar que dada una relación entre el costo de pedir y el costo de almacenar, para cantidades pequeñas de requerimientos las soluciones óptimas determinan que el tamaño del lote de pedido es aquel que cubre las necesidades de todos los periodos del sistema, por lo que $a_{jk}=N$. Para mayores cantidades de requerimientos las soluciones óptimas determinan que el tamaño del lote de pedido es aquel que cubre las necesidades de un solo periodo, por lo que $a_{jk}=1$.

En ambos casos cuando se alcanza un valor determinado de α existe una única solución óptima que indica que el tamaño del lote de pedido es aquel que cubre las necesidades de un solo periodo, por lo que $a_{jk}=1$. Lo que resulta lógico ya que establece que las cantidades a almacenar son tantas que conviene realizar un pedido en cada periodo obteniendo un menor costo total.

3. CONCLUSIONES.

Asignando distintos valores a la variable α_i , se observa que:

Cuando los requerimientos no varían dentro de un mismo periodo, a medida que se analizan distintos sistemas con cantidades crecientes de α_i , los tamaños del lote de pedido que arrojan las soluciones óptimas se mantienen constantes durante cierto rango de α_i hasta que se produce un cambio abrupto de a_{jk} . El valor que toma la variable a_{jk} en cada escalón indica que el tamaño de cada lote de pedido va a ser siempre el mismo.

Cuando los requerimientos varían dentro de un mismo periodo, en este caso +- 10 %, a medida que se analizan distintos sistemas con cantidades crecientes de α_i , los tamaños del lote de pedido que arrojan las soluciones óptimas también se mantienen constantes durante cierto rango de α_i , sin embargo, la transición es paulatina de un escalón a otro. Esto indica que los tamaños de los agrupamientos no son iguales.

4. REFERENCIAS.

- [1] Chopra, S. y Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación. 3 ed. México D. F.: Pearson Prentice Hall. 552 p.
- [2] Shekarabi, S. A. H., Gharaei, A. y Karimi, M. (2018). Modelling and optimal lot-sizing of integrated multi-level multi-wholesaler supply chains under the shortage and limited warehouse space: generalized outer approximation. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics* 6:237–257.
- [3] Alfares, H. K. y Turnadi, R. (2018). Lot sizing and supplier selection with multiple items, multiple periods, quantity discounts, and backordering. *Journal: Computers Industrial Engineering*, Volume 116, pp 59–71.
- [4] Karimi, B., Fatemi Ghomi, S. M. T. y Wilson, J. M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*, Vol. 31, pp 365-378.
- [5] Wu, J., Chang, C. T., Teng, J. T. y Lai, K. K. (2017). Optimal order quantity and selling price over a product life cycle with deterioration rate linked to expiration date, *International Journal of Production Economics*, Volume 193, pp 343-351, DOI: 10.1016/j.ijpe.2017.07.017.
- [6] Heizer, J. H. y Render, B. (2014). Principles of operations management. Pearson 9th Edition. ISBN-13: 978-0132968362.
- [7] Hopp, W. J. y Spearman, M. L (2008). Factory physics. Waveland Press 3rd ed. Long Grove IL.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto PID: Optimización en el dimensionamiento del tamaño de lote en industrias locales y regionales, PAECBSR0008105TC, dentro del grupo de investigación de UTN FR SR, SiCo - Grupo de Sistemas Complejos.

Aplicación de la programación lineal en el planeamiento de la producción de una acería

Vaquer, Alejandro Jorge

Escuela Superior de Ingeniería, Informática y Ciencias Alimentarias - ESIICA. Universidad de Morón. Argentina.
avaquer@unimoron.edu.ar

RESUMEN

La programación lineal es una técnica cuantitativa. Se enmarca en la administración científica de los negocios que busca cuantificar las decisiones. Todo lo que se cuantifica se puede medir y lo que se puede medir se puede controlar. Es un capítulo de la Investigación Operativa que se ocupa del desarrollo de modelos matemáticos para la toma de decisiones. En busca de esta decisión cuantificada, la Investigación Operativa realiza su proceso en tres etapas: 1) Desarrollo del modelo matemático; 2) Cuantificación y resolución del modelo; 3) Adopción de decisiones satisfactorias.

Una acería eléctrica requiere diferentes insumos para producir aceros, tal como energía y productos químicos. La carga óptima de la acería se basa en el balance adecuado entre mineral de hierro, chatarra, ferroaleaciones y otros productos de manera de llegar a las especificaciones de acero deseadas por el cliente que aseguren el beneficio económico de la empresa. La Programación Lineal permite ejecutar un conjunto de ecuaciones representativas de estos balances en orden a optimizar un funcional. En el modelo, las ecuaciones modelan a las restricciones del problema y el funcional evalúa una función económica a maximizar representativa del beneficio de producir la mezcla óptima de calidades de acero.

El problema presentado es una versión simplificada desarrollada sobre la fabricación de acero para rieles, especificados según la norma UIC-860-0-1986-2008. El modelo permite otras especificaciones. Se muestra la potencia de la herramienta para planificar. En función de los resultados, los tecnólogos y programadores de acería realizarán el programa de producción.

Palabras Claves: Programación lineal – Modelo matemático – Insumos de acería

ABSTRACT

Linear programming is a quantitative technique. It is part of business scientific administration to quantify decisions. Quantification can be measured and what can be measured can be controlled. It is a chapter of Operations Research that deals with the development of mathematical models for decision making. Operations Research realizes this process in three stages: 1) Mathematical model's development; 2) Model's quantification and resolution; 3) Adoption of satisfactory decisions.

An electrical steel mill requires different inputs to produce steel, like energy and chemical products. Steel mill's optimal upload is based on the appropriate balance among iron ore, ferric scrap, ferroalloys, and other products to meet client's specifications assuring business' economic benefit. Linear programming allows executing a set of equations representative of the balances to optimize a functional. In the model, the equations model constraints and the functional evaluates an economic function to maximize which is representative of the benefit to produce the optimal blending of qualities of steel.

The problem presented in this proposal is a simplified version developed on the milling of rail's steel, specified according to UIC-860-0-1986-2008 standard. The model admits other specifications. Linear programming is a powerful planning tool. According to the results, steel mill's technologists and programmers will develop the production program.

Keywords: Linear programming – Mathematical model – Steel mill's inputs

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Fabricación de acero. [3]

El acero es la aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono (hasta 2%) y otros elementos que actúan como aleantes, otorgando al acero diferentes características físicas y químicas.

Una de las maneras de producir acero es fundiendo en hornos de arco eléctrico, EAF por sus siglas en inglés que son universalmente usadas (Electronic Arc Furnace). Es la tecnología que se desarrolla en este modelo matemático.

Se eligió la producción de tres tipos de acero bajo el estándar UIC-860-0-1986-2008 fabricados por el Grupo Arcelor Mittal, empresa internacional que en nuestro país es Acindar en Villa Constitución: Acero 700, Acero 900 A, Acero 900 B. La información en cuanto a especificaciones se encuentra disponible en Internet consultable en el link correspondiente a la filial europea del Grupo [1]. El ejemplo se podría haber tomado sobre cualquier otra fabricación de acero por EAF correspondiente a otros productos o grupos empresarios.

De la lectura de las especificaciones químicas de los aceros surge que se mantienen controlados el Carbono (C), el Manganeso (Mn), el Silicio (Si) y los contaminantes Fósforo (P) y Azufre (S).

La carga al EAF se hace con proporciones de Hierro (Fe) Reducido (DRI por sus siglas en inglés – Direct Reduction Iron) y Chatarra Ferrosa procesada.

El DRI es el mineral de hierro, que en la naturaleza existe como óxido de hierro, al que se le quitaron los oxígenos por aplicación del proceso de reducción directa, donde en un reactor industrial se carga el mineral de hierro y a contracorriente se hace circular gas natural procesado que es reductor, operación que se realiza en caliente con temperaturas del orden de los 900°C a 1.100 °C. El gas procesado toma los oxígenos del mineral de hierro formando monóxido de carbono (que también es reductor), dióxido de carbono, hidrógeno (que también es reductor) y vapor de agua. El resultado es un insumo de acería que se llama Hierro Esponja (Sponge Iron) por su aspecto visual por ser piedras con múltiples agujeritos que antes daban lugar a los oxígenos. El Hierro Esponja tiene 92,5-93,5% de Fe; 2,2-2,4% C, además trae impurezas de la Naturaleza y el resto de ganga. Existen dos tecnologías de reducción directa: Método Midrex © y Hornos Rotatorios.

La Chatarra Ferrosa procesada es hierro en general proveniente de desguace de buques, levantamiento de vías férreas, instalaciones fabriles en desuso, carcazas de artefactos para el hogar, carrocerías de automóviles, viruta, tubos, caños, etc., preparada por tamaño de piezas y densidad aparente.

Las proporciones de carga de ambos productos se manejan según la disponibilidad y los costos de fabricación tanto del DRI como la Chatarra. En Europa es 100% Chatarra, en Argentina fluctúa alrededor de 40% Chatarra y 60% DRI. La Chatarra y DRI son fuentes de C.

El Mn se carga como FeMn, que es una ferroaleación obtenida a partir de la reducción carbotérmica de minerales a base de óxidos de manganeso. El Si se carga como FeSi.

Tanto el P como el S provienen del mineral de hierro en la naturaleza, convertido en DRI. Son las impurezas.

La carga se completa con cales que permiten la formación de escoria, que está en la superficie del baño, que es a dónde van a parar las impurezas, desde la base se hacen sopladitos con oxígeno y argón (“stirring”) para capturarlas y empujarlas hacia la escoria.

La energía para el proceso la proveen electrodos que pasan electricidad con voltajes del orden de los 500 a 1.000 Volts y varios miles de Amperes de intensidad.

Después de un proceso que suele durar entre 40 y 60 minutos (tiempo de “tap to tap”, entre dos coladas sucesivas) se obtiene acero que suele pasar a una estación secundaria para su afinado en cuanto a propiedades físicas y químicas.

1.2. La Programación Lineal. [2] [4]

La programación lineal (PL) se conoce desde finales de la década de 1940.

Es un capítulo exitoso de la Investigación Operativa por describir con efectividad diferentes situaciones reales en áreas como ser militar, industrial, agrícola, transporte, económicas, salud y ciencias sociales.

La difusión en el uso ganó fuerza de la mano de los programas de computadora. Lográndose una total “democratización” con Excel que incorpora la herramienta Solver, que es la que se usó en este trabajo para resolver el problema y realizar análisis posteriores.

En general, los problemas de PL se resuelven en espacios n-dimensionales: dos dimensiones – el plano -; tres dimensiones – el espacio -; más dimensiones – n dimensional -. Los problemas de la economía real pertenecen a este último espacio.

El algoritmo matemático que se utiliza para la resolución es el método Simplex, que aquí no se explica por exceder el alcance de esta ponencia. Sin embargo, se presenta un ejemplo en dos dimensiones que se puede resolver en el plano mostrando conceptualmente lo que se logra en n-dimensiones.

1.2.1 Introducción a la metodología del análisis

A modo de introducción a la metodología del análisis y como ejemplo sencillo resoluble en el plano, se analiza el problema del fabricante de bombones: Un fabricante de bombones entrega sus productos en cajas de 1kg compuestas de dos maneras diferentes, a saber: la caja tipo “A” contiene 300 g de bombones de licor, 500 g de bombones de nuez y 200 g de bombones de fruta; la caja tipo “B” contiene, respectivamente, 400 g, 200g, y 400 g. Cada caja de tipo “A” le deja un beneficio neto de \$ 120, mientras que la de tipo “B” solamente \$ 90. El fabricante se encuentra con que en cierto momento tiene disponibles 100 kg de bombones de licor, 120 kg de bombones de nuez y 100 kg de bombones de fruta. ¿Cuántas cajas deberá armar de cada tipo para obtener el beneficio máximo?

1.2.1.1 Planteo

Llamando X_1 a la cantidad de cajas de tipo “A” a armar y X_2 a la cantidad de cajas de tipo “B” a armar. Se plantea el sistema de inecuaciones (1)

$$\begin{aligned}
 0,3 X_1 + 0,4 X_2 &\leq 100 \\
 0,5 X_1 + 0,2 X_2 &\leq 120 \\
 0,2 X_1 + 0,4 X_2 &\leq 100 \\
 Z = 120 X_1 + 90 X_2 &\text{ (Maximizar)}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Se transforma el sistema de inecuaciones (1) en ecuaciones por el agregado de las variables X_3, X_4 y X_5 que representan los sobrantes de bombones de licor, nuez y fruta.

$$\begin{aligned}
 0,3 X_1 + 0,4 X_2 + X_3 &= 100 \\
 0,5 X_1 + 0,2 X_2 + X_4 &= 120 \\
 0,2 X_1 + 0,4 X_2 + X_5 &= 100
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Las variables X_1 y X_2 son las “fuertes”, son las que impactan en el cálculo del funcional. Las variables X_3, X_4 y X_5 son las “slack” o “débiles” que muestran los sobrantes de recursos; éstos están definidos por los valores 100, 120, 100 que indican la disponibilidad de cada gusto de bombones. Todas las variables se van a medir en kg. Todas las variables son no negativas.

1.2.1.2 Resolución gráfica

Las variables “fuertes” definen en cuál espacio se resuelve el problema, como son dos es el plano. Por la no negatividad, se resuelve en el 1er. Cuadrante.

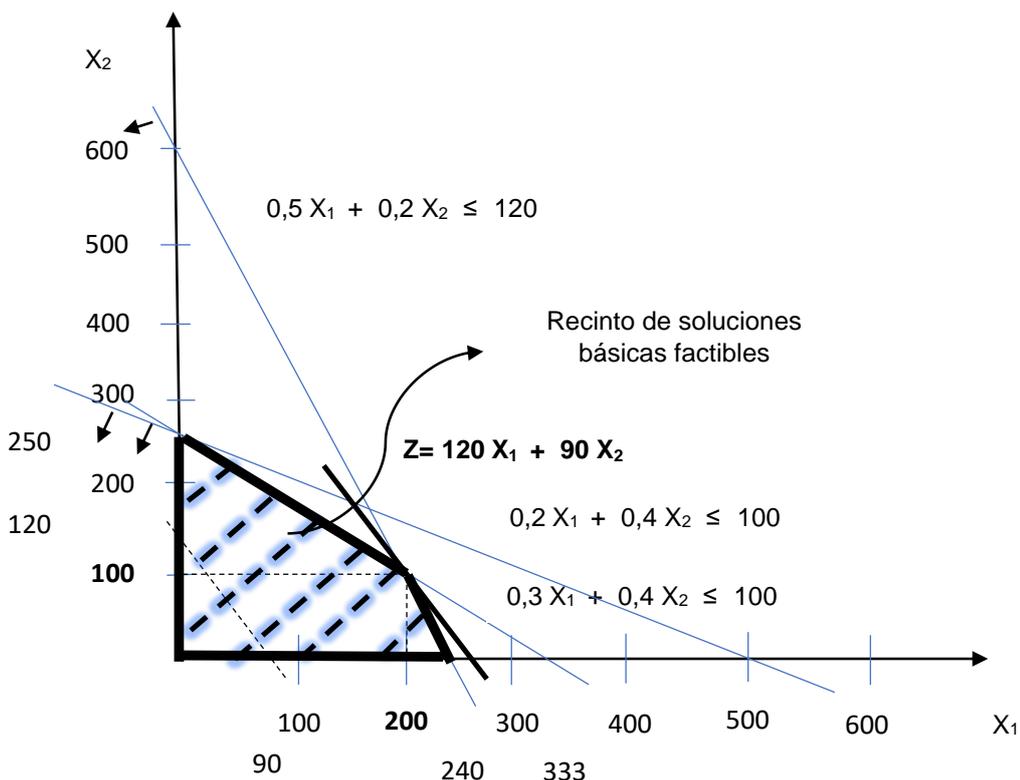


Figura 1 Resolución gráfica del problema

La solución de la figura 1 muestra que el plan óptimo de armado de cajas de bombones es armar 200 cajas de tipo “A”, variable X_1 y 100 cajas de tipo “B”, variable X_2 . Esto dejará un beneficio de \$ 33.000. Del sistema de ecuaciones (2) surgen los consumos de los recursos, reemplazando los valores óptimos de las variables X_1 y X_2 . Es así como X_3 que representa el sobrante de bombones de licor tiene valor 0 en la solución óptima, dando como 0 el sobrante de este recurso; nótese que al realizar la cuenta $0,3 X_1 + 0,4 X_2 + X_3 = 100$, la suma de productos $0,3 X_1 + 0,4 X_2$ da como resultado 100, que es la disponibilidad total de este recurso; es decir, es un recurso saturado. De la misma manera se calculan para los otros recursos dando por resultados que no hay sobrante de bombones de nuez y sí se presenta un sobrante de bombones de fruta, 20 kg.

En los vértices del recinto encontramos las soluciones básicas. Para encontrar la solución óptima se traza la recta cuya pendiente está definida por el cociente de los coeficientes de beneficio del funcional y se la traslada paralelamente en el sentido de las X crecientes hasta tocar al recinto sólo en un punto extremo. En el caso del ejercicio se verifica para los valores mencionados. Variando los coeficientes se podría cambiar de punto extremo yendo a otra solución óptima.

Los análisis posteriores agregan información útil. ¿Qué pasa si se dispone de mayor cantidad de un recurso sobrante? ¿Qué pasa si se dispone de mayor cantidad de un recurso saturado? ¿Qué pasa si varían los coeficientes de beneficio en el funcional? ¿Cuáles son los costos de oportunidad? ¿Cuáles son los valores marginales de los recursos? Estas preguntas se contestan con el método Simplex.

El ejercicio resuelto para dos dimensiones presenta los mismos elementos que un problema n-dimensional.

2. PLANEAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN EN UNA ACERÍA – APLICACIÓN DE LA PL.

2.1. Modelo matemático

En una acería se programan los productos a procesar según la capacidad de las instalaciones, los requerimientos de los clientes y las disponibilidades de materias primas. El paso previo a la programación es el planeamiento donde se balancean las cargas de modo de asegurar que la producción a realizar es factible de ser ejecutada teniendo en cuenta las condiciones mencionadas.

En este paso, ayuda la modelización matemática resuelta por PL.

En el ejercicio de la presentación identificamos las siguientes variables:

- X_1 : Cantidad mensual de Acero 700 a colar, medido en toneladas de acero líquido (TAL)
- X_2 : Cantidad mensual de Acero 900A a colar, medido en TAL.
- X_3 : Cantidad mensual de Acero 900B a colar, medido en TAL.
- X_4 : Cantidad mensual de Chatarra ferrosa a consumir, medido en Ton.
- X_5 : Cantidad mensual de Hierro Esponja a consumir, medido en Ton.

En cuanto a las restricciones:

- Cantidades mínimas y máximas a colar de cada tipo de acero.
- Disponibilidad máxima de Chatarra y DRI.
- Disponibilidad de energía eléctrica.

Planteo, sistema de inecuaciones (3):

C	$0,500\% X_1 + 0,700\% X_2 + 0,650\% X_3 - 1\% X_4 - 2,300\% X_5$	≤ 0	
Mn	$1,025\% X_1 + 1,050\% X_2 + 1,500\% X_3$	≥ 0	
Si	$0,200\% X_1 + 0,300\% X_2 + 0,300\% X_3$	≥ 0	
P	$0,050\% X_1 + 0,040\% X_2 + 0,040\% X_3$	$-1\% X_5$	≤ 0
S	$0,050\% X_1 + 0,040\% X_2 + 0,040\% X_3$	$-1\% X_5$	≤ 0
EE	$0,400 X_1 + 0,400 X_2 + 0,400 X_3$		≤ 50.000
Ac700	X_1		≥ 31.000
Ac700	X_1		≤ 62.000
Ac900A		X_2	≥ 8.500
Ac900A		X_2	≤ 17.700
Ac900B			X_3
Ac900B			X_3
Chatarra			X_4
DRI			X_5
Fe	$X_1 + X_2 + X_3 - 99\% X_4 - 93\% X_5$		$= 0$

Todas las variables son no negativas.

El modelo considera las composiciones de los aceros en cuanto a sus contenidos según Norma y los consumos de energía eléctrica necesarios para el proceso. Calcula un funcional que valoriza las producciones de acero a contribución marginal y propone una mezcla óptima de Chatarra y DRI. 99% es el contenido estimado de hierro en la Chatarra, 1% el Carbono. 93% es el contenido estimado de hierro en DRI, 1% para Fósforo y Azufre respectivamente, y 2,3% de Carbono, el resto es ganga que va a la escoria.

El modelo Informa lo siguiente:

- Exceso de C por las fuentes de Chatarra y DRI, lo que obliga a diseñar el proceso de fabricación para mantener bajo control este elemento.
- Exceso de contaminación por P y S proveniente de la fuente DRI, lo que obliga a diseñar el proceso de fabricación para mantener bajo control a estos elementos.
- Requerimiento de Mn a través de FeMn con la concentración que se logre comercialmente, las ferroaleaciones se valorizan por su contenido del elemento en cuestión que está entre un límite inferior y otro superior.
- Requerimiento de Si a través de FeSi con la concentración que se logre comercialmente, las ferroaleaciones se valorizan por su contenido del elemento en cuestión que está entre un límite inferior y otro superior.
- Consumo de energía eléctrica, a ser provista por medio de la red de alta tensión pública.
- Cantidad de acero a colar por cada tipo.
- Consumo de Chatarra y de DRI.

Este modelo planifica la carga de la acería, el paso siguiente es la programación de las operaciones para satisfacer en el tiempo las necesidades de los clientes. Trabajo de los programadores de acería, tecnólogos y diseñadores de procesos.

A continuación, se muestra la salida del comando Solver de Excel con una de las alternativas que se calcularon.

En los datos de entrada para resolver el modelo (ver Tabla 1) se cargaron los valores medios de Norma para C, Mn y Si, los máximos admisibles para P y S. Las contribuciones marginales de los aceros se muestran en la Tabla 1 como VM; estos valores son de prueba ya que para su cálculo es necesario conocer beneficios y costos reales. Análogamente, para definir el precio de la chatarra y el DRI se cargaron valores ficticios. En cuanto al consumo de energía eléctrica se establece un valor promedio en el orden de 0,4 MWH/TAL, aceptable según las prácticas actuales; la disponibilidad se establece en 50.000 MWH. Aunque estos valores no sean reales el modelo no pierde relevancia.

Tabla 1. Datos de la Corrida

Valor marginal acero		Consumo energético			
Acero	VM (USD/ton)	0,40	MWH/Ton acero líquido		
700	3000	50000	MWH	plan producción	
900A	3500				
900B	2500				
Precios insumos					
Producto	Precio				
Chatarra	500 USD/Ton			precio chatarra procesada	
FE	400 USD/Ton			Hierro esponja	
Composición química					
Acero	Elemento	Max	Min	Define coef. de la matriz	
700	C	0,60%	0,40%		
	Mn	1,25%	0,80%		
	Si	0,35%	0,05%		
	P	0,05%	0%		
	S	0,05%	0%		
900A	C	0,80%	0,60%		
	Mn	1,30%	0,80%		
	Si	0,50%	0,10%		
	P	0,04%	0%		
	S	0,04%	0%		
900B	C	0,75%	0,55%		
	Mn	1,70%	1,30%		
	Si	0,50%	0,10%		
	P	0,04%	0%		
	S	0,04%	0%		

2.2. Resolución del modelo

2.2.1 Interpretación de la salida de la corrida, ver Tabla 2.

Tabla 2. Salida de la corrida

Acero 700	Acero 900A	Acero 900B	Chatarra	FE - DRI	Resultados	RHS	Interpretación: para acería EAF con capacidad de 1.000.000 TAL/año
62.000,00	17.700,00	8.800,00	33.030,30	60.000,00	-1.219,20	0	TAL: toneladas de acero líquido
0,500%	0,700%	0,650%	-1%	-2,300%	953,35	0	C negativo indica que las fuentes Chatarra y FE-DRI son superavitarias en C.
1,025%	1,050%	1,500%			203,50	0	Necesidad mensual de Mn en ton a satisfacer con FeMn
0,200%	0,300%	0,300%			-558,40	0	Necesidad mensual de Si en ton a satisfacer con FeSi
0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-558,40	0	P negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
0,050%	0,040%	0,040%		-1%	35.400,00	0	S negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
0,400	0,400	0,400			62.000,00	50000	Consumo mensual de energía eléctrica en MWH medido a razón de 0,4 MWH/TAL
1					62.000,00	31000	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700
1					62.000,00	62000	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 700
	1				17.700,00	8500	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A
	1				17.700,00	17700	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900A
		1			8.800,00	4400	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B
		1			8.800,00	8800	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900B
				1	60.000,00	60000	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual
				1	33.030,30	50000	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual
100%	100%	100%	-99%	-93%	0,00	0	Balance de producción, el contenido de Fe de los aceros lo da la chatarra y FE-DRI
3.000,00	3.500,00	2.500,00	-500,00	-400,00	229.434.848,48		Funcional a maximizar: contribución marginal de la producción.

RHS: right hand side

- La chatarra y el DRI ofrecen una cantidad de C tal que es necesario decarburizar, este es un proceso de refinamiento de la mezcla fundida para reducir el contenido de C, que recordemos, para que sea acero el C debe estar por debajo del 2% del total.
- El Mn necesario es 953,35 Ton al mes, que como lo provee el FeMn, se preverá la cantidad necesaria según la concentración que se negocie en la faz comercial de compra.
El contenido de Mn se maneja entre un mínimo y un máximo, la venta es al peso de la ferroaleación, de modo que es práctica común que el fabricante de FeMn establezca el contenido del Mn cerca del límite inferior.
- El Si a utilizar es 203,50 Ton al mes. Se provee como FeSi. Valen comentarios análogos a los del punto anterior.
- En cuanto al P y el S cuya procedencia es del DRI, al ser contaminantes se los “empuja” hacia la escoria. Los valores informados por el modelo indican el grado de contaminación que habrá que procesar.
- El consumo de energía eléctrica es el 71% de la disponibilidad.
Para fundir una tonelada de acero se necesita en el orden de los 400 KWH. Por lo tanto, para fundir 100 ton se requieren 40 MWH. Y para fabricar en el orden de 1 millón de ton/año se necesita poner esta potencia en una media hora, para mantener los niveles de productividad. Esto significa una potencia promedio de 80 MW. Llegándose a potencias superiores. Las acerías típicas manejan niveles de potencia de 20-200 MW. Estas potencias sólo pueden suplirse desde la red de distribución pública de alta tensión, donde se pueden obtener tensiones del orden de 100-500 KV.
- Se establecieron mínimos y máximos de cantidades de aceros a producir, representando una situación comercial donde haya un máximo a producir y un mínimo que respetar según compromisos ya asumidos. Dado que las disponibilidades de recursos, las composiciones de acero y los valores marginales lo permiten, el modelo propone fabricar el máximo de cada tipo de acero.
- Como el precio de DRI es menor que la Chatarra, el modelo usa toda la disponibilidad del primero y deja sin usar el 34% de la disponibilidad del segundo.

Es muy útil analizar los límites de la solución óptima, esto es, mientras que los parámetros se mantengan entre ciertos límites. Variemos los coeficientes de la función objetivo, ver Tabla 3

Tabla 3. Coeficientes de la Función Objetivo

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$B\$2	Variables Acero 700	62000	0	3000	1E+30	2494,949495
\$C\$2	Variables Acero 900A	17700	0	3500	1E+30	2994,949495
\$D\$2	Variables Acero 900B	8800	0	2500	1E+30	1994,949495
\$E\$2	Variables Chatarra	33030,30303	0	-500	74,19354839	1974
\$F\$2	Variables FE - DRI	60000	0	-400	1E+30	69,6969697

La contribución marginal del Acero 700 puede variar en más todo lo que se quiera (1E+30 se interpreta como infinito), en menos hasta 505,06 u\$/Ton inclusive. Es decir, entre estos valores de la contribución marginal del Acero 700, la solución óptima es colar 62.000 Ton al mes de Acero

700, 17.700 Ton de Acero 900A, 8.800 Ton de Acero 900B, se consumirán 33.030, 30 Ton de Chatarra y 60.000 Ton de DRI. Consecuentemente, los requerimientos de decarburización se mantendrán inalterables, la cantidad necesaria de Mn será de 953,35 Ton, de Si 203,5 Ton, el P y S a “limpiar” será el mismo y el consumo de energía eléctrica también se mantendrá en el 71%. Los mismos razonamientos valen para los Aceros 900A y 900B. Para los valores de la Chatarra, encontramos que los límites del precio estarán entre 425,81 u\$s/Ton y 2.474 u\$s/Ton inclusive. Entre los que se mantendrá la solución óptima hallada. Se sigue el mismo razonamiento para el DRI. El costo reducido es el costo de oportunidad que indica en cuánto mejora el funcional por introducir en la solución una unidad de un producto que no esté en ella; es cero porque todos los productos ya están en la solución óptima.

Cabe aclarar que el valor del funcional cambia en todos los casos, es natural que así sea porque están variando los coeficientes de las variables que permiten su cálculo. En el problema de dos dimensiones que es resoluble en el plano se corresponde con una variación de la pendiente de la recta del funcional. Más allá de los límites permitidos es necesario calcular una nueva solución.

Analicemos las restricciones del problema. Ver Tabla 4

Tabla 4. Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$G\$9	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700	62000	0	31000	31000	1E+30
\$G\$10	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 700	62000	2494,949495	62000	16800	31000
\$G\$11	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A	17700	0	8500	9200	1E+30
\$G\$12	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900A	17700	2994,949495	17700	16800	9200
\$G\$13	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B	8800	0	4400	4400	1E+30
\$G\$14	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900B	8800	1994,949495	8800	16800	4400
\$G\$15	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual	60000	69,6969697	60000	35161,29032	18064,51613
\$G\$16	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual	33030,30303	0	50000	1E+30	16969,69697

El plan de producción que define el modelo es colar 62.000 Ton mensuales de Acero 700, 17.700 Ton de Acero 900A y 8.800 Ton de Acero 900B. Por lo tanto, las cantidades mínimas y máximas a fabricar coinciden con estos valores para cada tipo de acero, informando los límites mínimos y máximos entre los que pueden variar uno de ellos asegurando que se mantengan las producciones de los otros en los valores de la solución óptima. El precio sombra indica en cuánto mejora el funcional si se incrementa en una unidad la cantidad mensual a fabricar.

2.2.2. Algunos resultados variando los parámetros

2.2.2.1 Contribución marginal del Acero 700 cae a 505,06 u\$s/ton. Ver Tabla 5

Tabla 5.

	Acero 700	Acero 900A	Acero 900B	Chatarra	FE - DRI	Resultados	Interpretación: para acería EAF con capacidad de 1.000.000 TAL/año
Variab	62.000,00	17.700,00	8.800,00	33.030,30	60.000,00	TAL: toneladas de acero líquido	
C	0,500%	0,700%	0,650%	-1%	-2,300%	-1.219,20	C negativo indica que las fuentes Chatarra y FE-DRI son superavitarias en C.
MN	1,025%	1,050%	1,500%			953,35	Necesidad mensual de Mn en ton a satisfacer con FeMn
SI	0,200%	0,300%	0,300%			203,50	Necesidad mensual de Si en ton a satisfacer con FeSi
P	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-558,40	P negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
S	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-558,40	S negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
Energía	0,400	0,400	0,400			35.400,00	Consumo mensual de energía eléctrica en MWH medido a razón de 0,4 MWH/TAL
Plan de	1					62.000,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700
producción	1					62.000,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 700
		1				17.700,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A
		1				17.700,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900A
			1			8.800,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B
			1			8.800,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900B
Fe					1	60.000,00	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual
Chatarra				1		33.030,30	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual
Balance Prod	100%	100%	100%	-99%	-93%	0,00	Balance de producción, el contenido de Fe de los aceros lo da la chatarra y FE-DRI
Funcional							
Z (MÁX)	505,06	3.500,00	2.500,00	-500,00	-400,00	74.748.568,48	Funcional a maximizar: contribución marginal de la producción.

Tal como se expresa más arriba, al estar el parámetro entre los valores donde la solución óptima se mantiene, algebraicamente seguimos en el mismo punto extremos del recinto. En este caso elegimos el límite inferior. Todos los valores físicos se mantienen, disminuye el valor del funcional.

2.2.2.2 Contribución marginal del Acero 700 cae por debajo de 505,06 u\$s/ton. Ver Tabla 6

Tabla 6.

Variables	Acero 700	Acero 900A	Acero 900B	Chatarra	FE - DRI	Resultados	Interpretación: para acería EAF con capacidad de 1.000.000 TAL/año
	31.000,00	17.700,00	8.800,00	1.717,17	60.000,00		TAL: toneladas de acero líquido
C	0,500%	0,700%	0,650%	-1%	-2,300%	-1.061,07	C negativo indica que las fuentes Chatarra y FE-DRI son superavitarias en C.
MN	1,025%	1,050%	1,500%			635,60	Necesidad mensual de Mn en ton a satisfacer con FeMn
SI	0,200%	0,300%	0,300%			141,50	Necesidad mensual de Si en ton a satisfacer con FeSi
P	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-573,90	P negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
S	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-573,90	S negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
Energía	0,400	0,400	0,400			23.000,00	Consumo mensual de energía eléctrica en MWH medido a razón de 0,4 MWH/TAL
Plan de producción	1					31.000,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700
	1					31.000,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 700
		1				17.700,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A
		1				17.700,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900A
			1			8.800,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B
			1			8.800,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900B
Fe					1	60.000,00	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual
Chatarra				1		1.717,17	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual
Balance Prod	100%	100%	100%	-99%	-93%	0,00	Balance de producción, el contenido de Fe de los aceros lo da la chatarra y FE-DRI
Funcional							
Z (MÁX)	505,00	3.500,00	2.500,00	-500,00	-400,00	74.746.414,14	Funcional a maximizar: contribución marginal de la producción.

Para cualquier contribución marginal menor a 505,06 u\$s/Ton hace que el modelo elija hacer lo mínimo de este acero y seguir haciendo lo máximo de los otros aceros. Este comportamiento responde al criterio económico de fabricar los productos que contribuyen en mayor medida al funcional y de aquéllos que no agregan gran valor dedicarse a hacer el mínimo mandatorio. Nótese, además, que cambiaron los requerimientos de decarburización, ferroaleaciones, nivel de impurezas y demanda de energía. El modelo elije priorizar el consumo de DRI sobre la Chatarra por tener un precio menor, así maximiza el funcional dentro de las condiciones de proceso.

2.2.2.3 Precio de la Chatarra cae a 425,81 u\$s/ton. Ver Tabla 7

Tabla 7.

Variables	Acero 700	Acero 900A	Acero 900B	Chatarra	FE - DRI	Resultados	Interpretación: para acería EAF con capacidad de 1.000.000 TAL/año
	62.000,00	17.700,00	8.800,00	33.030,30	60.000,00		TAL: toneladas de acero líquido
C	0,500%	0,700%	0,650%	-1%	-2,300%	-1.219,20	C negativo indica que las fuentes Chatarra y FE-DRI son superavitarias en C.
MN	1,025%	1,050%	1,500%			953,35	Necesidad mensual de Mn en ton a satisfacer con FeMn
SI	0,200%	0,300%	0,300%			203,50	Necesidad mensual de Si en ton a satisfacer con FeSi
P	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-558,40	P negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
S	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-558,40	S negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
Energía	0,400	0,400	0,400			35.400,00	Consumo mensual de energía eléctrica en MWH medido a razón de 0,4 MWH/TAL
Plan de producción	1					62.000,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700
	1					62.000,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 700
		1				17.700,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A
		1				17.700,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900A
			1			8.800,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B
			1			8.800,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900B
Fe					1	60.000,00	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual
Chatarra				1		33.030,30	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual
Balance Prod	100%	100%	100%	-99%	-93%	0,00	Balance de producción, el contenido de Fe de los aceros lo da la chatarra y FE-DRI
Funcional							
Z (MÁX)	3.000,00	3.500,00	2.500,00	-425,81	-400,00	231.885.366,67	Funcional a maximizar: contribución marginal de la producción.

Según el análisis paramétrico, el precio de la chatarra puede variar entre u\$s 425,81 y u\$s 2.474, como el valor está en el límite mínimo del intervalo, seguimos en el mismo punto óptimo del recinto de soluciones.

2.2.2.4 Precio de la Chatarra cae por debajo de 425,81 u\$s/ton. Ver Tabla 8

Tabla 8.

Variables	Acero 700	Acero 900A	Acero 900B	Chatarra	FE - DRI	Resultados	Interpretación: para acería EAF con capacidad de 1.000.000 TAL/año
	62.000,00	17.700,00	8.800,00	50.000,00	41.935,48		TAL: toneladas de acero líquido
C	0,500%	0,700%	0,650%	-1%	-2,300%	-973,42	C negativo indica que las fuentes Chatarra y FE-DRI son superavitarias en C.
MN	1,025%	1,050%	1,500%			953,35	Necesidad mensual de Mn en ton a satisfacer con FeMn
SI	0,200%	0,300%	0,300%			203,50	Necesidad mensual de Si en ton a satisfacer con FeSi
P	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-377,75	P negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
S	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-377,75	S negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
Energía	0,400	0,400	0,400			35.400,00	Consumo mensual de energía eléctrica en MWH medido a razón de 0,4 MWH/TAL
Plan de producción	1					62.000,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700
	1					62.000,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 700
		1				17.700,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A
		1				17.700,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900A
			1			8.800,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B
			1			8.800,00	Cantidad mensual máxima a fabricar de Acero 900B
Fe					1	41.935,48	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual
Chatarra				1		50.000,00	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual
Balance Prod	100%	100%	100%	-99%	-93%	0,00	Balance de producción, el contenido de Fe de los aceros lo da la chatarra y FE-DRI
Funcional							
Z (MÁX)	3.000,00	3.500,00	2.500,00	-425,00	-400,00	231.925.806,45	Funcional a maximizar: contribución marginal de la producción.

El programa de producción se mantiene, pero se consume toda la Chatarra disponible en detrimento del DRI. Cambian la cantidad de ferroaleaciones necesarias y la decarburización.

2.2.2.5 Análisis de la disponibilidad de la Chatarra. Ver Tabla 9

Tabla 9.

Variabes	Acero 700	Acero 900A	Acero 900B	Chatarra	FE - DRI	Resultados	Interpretación: para acería EAF con capacidad de 1.000.000 TAL/año TAL: toneladas de acero líquido
C	53.500,00	17.700,00	4.400,00	20.000,00	60.000,00	-1.160,00	C negativo indica que las fuentes Chatarra y FE-DRI son superavitarias en C.
MN	0,500%	0,700%	0,650%	-1%	-2,300%	800,23	Necesidad mensual de Mn en ton a satisfacer con FeMn
SI	0,200%	0,300%	0,300%			173,30	Necesidad mensual de Si en ton a satisfacer con FeSi
P	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-564,41	P negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
S	0,050%	0,040%	0,040%		-1%	-564,41	S negativo es indicativo de la contaminación de la fuente FE-DRI.
Energía	0,400	0,400	0,400			30.240,00	Consumo mensual de energía eléctrica en MWH medido a razón de 0,4 MWH/TAL
Plan de producción	1					53.500,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 700
		1				17.700,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900A
			1			4.400,00	Cantidad mensual mínima a fabricar de Acero 900B
Fe					1	60.000,00	Disponibilidad de FE-DRI en ton para cumplir el programa mensual
Chatarra				1		20.000,00	Disponibilidad de Chatarra ferrosa en ton para cumplir el programa mensual
Balance Prod Funcional	100%	100%	100%	-99%	-93%	0,00	Balance de producción, el contenido de Fe de los aceros lo da la chatarra y FE-DRI
Z (MÁX)	3.000,00	3.500,00	2.500,00	-500,00	-400,00	199.450.000,00	Funcional a maximizar: contribución marginal de la producción.

El análisis paramétrico dice que, si la disponibilidad mensual de Chatarra cae hasta 33.030,30 Ton, el programa óptimo no se modifica. Es interesante ver qué sucede con una disminución mayor. Digamos 20.000 Ton. El modelo consume ahora todo el DRI disponible además de la Chatarra. Cambian la cantidad de ferroaleaciones necesarias y la decarburización.

3. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

3.1. Sistema de Abastecimiento en una Empresa Siderometalúrgica.

Los requerimientos que surgen de un plan de producción se tratan, entre Otros, en la Dirección de Abastecimientos. Allí, se emiten los documentos de compra que habilitan a los proveedores la entrega de los diferentes productos necesarios para la producción. Se negocian entregas en tiempo y forma. En esta dinámica se ubica la provisión de mineral de hierro, chatarra, ferroaleaciones, y todos los productos necesarios para producir acero. En la medida en que se conozca la información explicada arriba, la gestión se enriquece. A los efectos que se vea la importancia de tener tal conocimiento de precios, disponibilidades y calidades de los insumos de producción, se muestra un esquema del sistema de abastecimientos de una empresa siderometalúrgica típica donde queda a las claras las relaciones que exigen la administración científica, dinámica y precisa de la gestión de compras. Ver Figura 1.

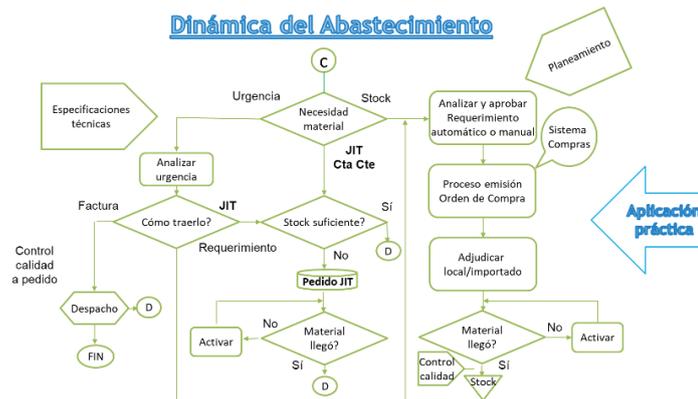


Figura 1 Dinámica del Abastecimiento.

3.2. Chatarra vs Mineral de Hierro

La Chatarra ferrosa es un producto estratégico a nivel mundial. Las Acerías que no tienen provisión rentable de mineral de hierro completan el 100% de la carga con este producto. Es el escenario europeo.

En cambio, las acerías en Argentina consumen una mezcla de ambos. Reciben el mineral de hierro de las minas de Corumbá en Brasil, bajando por el Paraná en barcazas; que se procesa para convertirlo en hierro esponja (DRI). La Chatarra se procesa y ambos productos se cargan a los hornos en la proporción adecuada que depende de las calidades y de los precios.

En el análisis paramétrico se calculan los límites de estos precios para los que la solución óptima se mantiene, es decir, el modelo sigue en el mismo punto extremo del recinto de

soluciones básicas factibles identificado como solución óptima. Si esos límites se superan, se recalcula un nuevo punto óptimo.

El modelo que aquí se presenta puede evaluar distintos precios, que asociado a las disponibilidades arroja diferentes situaciones de consumo de ferroaleaciones y diseños de procesos de decarburización y limpieza de impurezas.

3.3. Contribuciones Marginales de los Aceros.

El modelo presentado permite evaluar la variación de las contribuciones marginales. Como se explicó más arriba, en el análisis paramétrico se visualizan los límites para los que la solución óptima se mantiene. Sin embargo, si esos límites se transgreden, el modelo de PL busca un nuevo punto óptimo y la nueva solución ya no coincide con la anterior, con todas las consecuencias derivadas en producciones, consumos y alteración de procesos para adecuarse a la nueva situación.

3.4. Ferroaleaciones.

Como la ferroaleación es un insumo compuesto por hierro y aleante, dando el total del consumo del elemento se puede salir al Mercado para comprar las ferroaleaciones que satisfagan técnicamente el contenido del aleante. Para los productos que se consumen como hilo (alambre hueco que contiene la ferroaleación) es importante conocer fehacientemente el peso métrico y la concentración del aleante porque es la forma de asegurar la carga en peso en términos rentables.

3.5 Impurezas.

La fuente de impurezas es el hierro. Eventualmente también la Chatarra, pero como se la trata previamente la dejamos afuera de este punto.

El modelo dice la cantidad de cada impureza indicando el nivel de limpieza a realizar.

3.6 Consumo energético.

La tecnología elegida para este desarrollo es la de horno eléctrico (EAF), que tiene gran consumo de energía eléctrica.

El modelo evalúa la disponibilidad de modo de saber anticipadamente si el plan de producción es viable.

3.7 Conclusión general.

La PL puede ser de gran ayuda en la gestión y operación de una acería. El modelo aquí presentado admite modificaciones para adecuarse a diferentes escenarios.

El modelo puede correr mensualmente, semestralmente, sea en el plazo que se desee. Es una herramienta de planificación muy poderosa.

4. REFERENCIAS.

- [1] Arcelor Mittal Europe. <https://rails.arcelormittal.com/productos/carril-transporte/composicion-quimica>
- [2] Marín, Isidoro; Palma, Raúl; Lara, Carlos. (1977). La Programación Lineal en el Proceso de Decisión. Ediciones Macchi. Buenos Aires.
- [3] Ghosh, Ahindra; Chatterjee, Amit. (2015). Ironmaking and Steelmaking. PHI Learning Private Limited. Delhi, India.
- [4] Mathur, Kamlesh; Solow, Daniel. (1996). Investigación de Operaciones. Prentice-Hall Hispanoamericana. Naucalpan de Juárez, México.

Plan de Continuidad de Negocio para la Reactivación de la Productividad de las Industrias Químicas en Tiempos de Pandemia de Covid-19

Castillejo, Fredy; Valdivia, Gloria

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
fecastillejom@uni.pe; gvaldivia@uni.edu.pe

RESUMEN

En plena crisis por el COVID-19 muchas industrias químicas se han adaptado a la nueva normalidad, el estado de confinamiento obligatorio nos ha enseñado muchas lecciones, algunas empresas no tenían previstas planes de contingencia para una pandemia y muchas industrias químicas se fueron adaptando a la situación de emergencia para garantizar el suministro de productos y servicios a las actividades productivas esenciales para la reactivación económica de los países mineros como Chile y Perú. La implementación de planes de continuidad de negocio se ha revelado como una de las prioridades que deben cuidar las empresas. Con esta pandemia sabemos que no solamente este tipo de incidentes ponen en riesgo financiero a las empresas si no también una interrupción o retraso grave en la cadena de suministro, la imposibilidad de acceder al puesto de trabajo, una caída abrupta en la demanda, la acumulación de stocks o el encarecimiento repentino de algún factor de producción son situaciones que han sido revelados en este contexto. El objetivo de este artículo es mostrar los principales elementos de un plan de continuidad de negocio para tiempos de pandemia y se presenta un caso de éxito de una industria química que ha afrontado la continuidad de sus operaciones para garantizar el suministro de productos químicos a las actividades esenciales de las industrias mineras, favoreciendo así a la continuidad de las operaciones en la cadena de suministro vinculada a ella.

Palabras claves: Industria, Continuidad de negocio, Covid-19, Operaciones.

ABSTRACT

In the midst of the COVID-19 crisis, many chemical industries have adapted to the new normal, the state of mandatory confinement has taught us many lessons, some companies did not have contingency plans in place for a pandemic and many chemical industries have adapted to the emergency situation to guarantee the supply of products and services to essential productive activities for the economic reactivation of mining countries such as Chile and Peru. The implementation of business continuity plans has been revealed as one of the priorities that companies must take care of. With this pandemic we know that not only these types of incidents put companies at financial risk, but also a serious interruption or delay in the supply chain, the inability to access the job, a sharp drop in demand, accumulation of stocks or the sudden increase in price of some factor of production are situations that have been revealed in this context. The objective of this article is to show the main elements of a business continuity plan for times of pandemic and presents a case of success of a chemical industry that has faced the continuity of its operations to guarantee the supply of chemical products to activities. essential elements of the mining industries, thus favoring the continuity of operations in the supply chain linked to it.

Keywords: Industry, Business continuity, Covid-19, Operations.

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII [ir](#)

Una estrategia de resolución biobjetivo para la secuenciación de operaciones en un sistema flow shop con preparaciones dependientes de la secuencia y restricciones de espacio

Toncovich, Adrián Andrés

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina. atoncovi@uns.edu.ar.*

RESUMEN

En este trabajo se estudia un problema de secuenciación motivado por las operaciones de una empresa dedicada a la fabricación de muebles. Se utiliza un procedimiento metaheurístico biobjetivo para plantear la resolución del problema de secuenciación en un equipo productivo que constituye el cuello de botella de la instalación. El entorno de producción se puede describir como un flow shop general con preparaciones dependientes de la secuencia y limitaciones relacionadas con el espacio de almacenamiento. Con el fin de evaluar el rendimiento de las secuencias generadas se consideran la minimización del retraso total y una medida de rendimiento que tiene en cuenta el espacio limitado existente para el almacenamiento de producto en proceso. El algoritmo propuesto consiste en una adaptación multiobjetivo de la metaheurística recocido simulado (SA, simulated annealing). El procedimiento biobjetivo implementado genera un conjunto de soluciones que representa una aproximación a la frontera óptima de Pareto. Se llevan a cabo una serie de experimentos para evaluar el rendimiento de la técnica utilizada. A partir de un análisis preliminar de dichos resultados se puede concluir que las secuencias proporcionadas por la estrategia metaheurística biobjetivo resultan satisfactorias tanto desde la perspectiva de su calidad como del esfuerzo de cómputo implicado.

Palabras Claves: Secuenciación, Optimización Multiobjetivo, Flow Shop, Metaheurística, Recocido Simulado.

ABSTRACT

In this work, a sequencing problem motivated by the operations of a furniture manufacturing company is studied. A bi-objective metaheuristic procedure is used to propose the solution of the sequencing problem in a production equipment that constitutes the bottleneck of the facility. The production environment can be described as a general flow shop with sequence-dependent setup times and limitations related to storage space. In order to evaluate the performance of the generated sequences, the minimization of the total tardiness and a performance measure that takes into account the limited space available for the storage of work in process are considered. The proposed algorithm consists of a multiobjective adaptation of the simulated annealing (SA) metaheuristic. The implemented bi-objective procedure generates a set of solutions that represents an approximation to the Pareto optimal frontier. A series of experiments are carried out to evaluate the performance of the technique. From a preliminary analysis of these results, it can be concluded that the sequences provided by the bi-objective metaheuristic strategy are satisfactory both from the perspective of their quality and the computational effort involved.

Keywords: Sequencing, Multi-objective optimization, Flow shop, Metaheuristics, Simulated Annealing.

1. INTRODUCCIÓN

La función de planificación y programación de la producción tiene un papel cada vez más importante en el aseguramiento de niveles adecuados de servicio al cliente y la minimización de costos relacionados con el desarrollo de las operaciones en las empresas. La continuidad del cambio como elemento característico de la actividad empresarial requiere adaptaciones rápidas de los sistemas para responder a las necesidades del mercado con el objetivo de alcanzar los resultados esperados.

El gran número de artículos publicados sobre programación de la producción desde mediados del siglo pasado hasta la fecha, destaca la relevancia de este tópico de investigación. En particular, como tratados introductorios al campo de la teoría de la programación de la producción pueden citarse los textos de Pinedo y Morton y Pentico. En este campo de conocimiento, la incorporación de una estrategia multiobjetivo apropiada en el proceso de búsqueda de soluciones resulta necesaria en muchas de las aplicaciones prácticas de programación de producción debido a que se requiere tener en cuenta más de un objetivo durante el proceso de toma de decisiones. En efecto, la publicación de una completa revisión de estado del arte en programación multicriterio presentada en [1], sirve para sustentar lo antes indicado.

En este caso se ha analizado un problema de secuenciación de la producción motivado por las operaciones de una empresa dedicada a la fabricación de muebles. La empresa ha observado un crecimiento sustancial en el volumen de sus operaciones, lo cual ha provocado el deterioro de las condiciones operativas por causa de las restricciones impuestas en el espacio físico existente para el desarrollo de sus actividades. En particular, se puede identificar dentro de la instalación productiva un sector que plantea los mayores retos desde el punto de vista de la función de programación. En efecto, este sector, el centro de mecanizado, representa el cuello de botella del proceso productivo, y por ello, gran parte de los esfuerzos de programación en la instalación productiva se encuentran abocados a la generación de secuencias eficientes para dicho recurso de fabricación.

En concreto, el centro de mecanizado responde a la estructura básica de lo que en teoría de programación de la producción se conoce con el nombre de flow shop. En un sistema de este tipo se tiene un conjunto de trabajos que deben procesarse en un conjunto de máquinas, de forma que todos los trabajos pasen por las distintas máquinas siguiendo una misma secuencia. El problema real se aparta del caso del flow shop básico, por lo que deben tenerse en cuenta elementos adicionales que llevan a considerar una configuración productiva de mayor complejidad teórica.

El objetivo del trabajo consiste en proponer un procedimiento general eficiente para la generación de soluciones (secuencias) de buena calidad en sistemas productivos del tipo flow shop, como el indicado, donde se tienen tiempos de preparación dependientes de la secuencia y el desempeño se evalúa a través de objetivos relacionados con el cumplimiento de fechas de entrega y la minimización del inventario de producto en proceso.

La metodología empleada para abordar el problema está basada en una estrategia metaheurística que puede considerarse una adaptación multiobjetivo de la metaheurística recocido simulado. Las medidas de rendimiento utilizadas para evaluar la calidad de las secuencias vienen dadas por la minimización del retraso total de los trabajos con respecto a las fechas de entrega y la minimización del inventario de producto en proceso, medido a través del tiempo de flujo total.

Este trabajo está organizado de acuerdo con el esquema que se indica a continuación. En la Sección 2 se presenta el problema bajo estudio y la formulación de programación matemática multicriterio correspondiente, basada en el planteamiento presentado en [1]. Luego, en la Sección 3 se presentan algunos conceptos relevantes relacionados con la optimización multiobjetivo. La Sección 4 introduce la metodología de solución propuesta para resolver el problema. En la Sección 5 se realizan algunas consideraciones con relación a los resultados preliminares obtenidos. Finalmente, la Sección 6 expone las conclusiones del trabajo y las líneas de investigación futuras.

2. DESCRIPCIÓN Y CONTEXTO DEL PROBLEMA

El proceso de producción global en la empresa considerada que dio origen al planteamiento de este trabajo, está formado por dos fases de producción principales regidas por criterios de programación diferentes. Por una parte, se tiene una etapa de corte inicial en la que se producen piezas básicas rectangulares partiendo de tableros rectangulares de melamina (materia prima del proceso). El objetivo principal de esta etapa consiste en minimizar el desperdicio generado en el proceso de corte para conseguir un máximo aprovechamiento de la materia prima. En la segunda etapa se realiza el mecanizado de las piezas rectangulares básicas para obtener las piezas (semi) terminadas que constituirán el producto final. En esta fase se persigue, como objetivos principales, el cumplimiento de las fechas de entrega y la minimización del inventario de producto en proceso. El proceso se completa con la realización de operaciones de mecanizado menores, trabajos de pintura, premontaje de componentes, y operaciones logísticas asociadas con la consolidación de cargas y el despacho de los pedidos.

En principio, el problema considerado está restringido al análisis de la programación de las actividades en el centro de mecanizado. En particular, en el proceso de modelización se ha tenido en cuenta la estructura interna de este recurso productivo, que está constituido por tres recursos

productivos colocadas en serie. Las dos primeras máquinas realizan, en general, operaciones de canteado, ranurado y fresado, y la última ejecuta trabajos de taladrado. Los procedimientos propuestos pueden aplicarse, en general, para generar secuencias de fabricación en sistemas productivos que poseen la estructura de un taller de flujo continuo (flow shop). En este tipo de sistema las máquinas y los operarios desarrollan un flujo estable de material y, con frecuencia, ininterrumpido. Todos los productos, aunque variables en especificaciones, siguen un patrón de flujo similar en la fábrica. El sistema analizado en este caso se alimenta de las piezas básicas suministradas por un almacén de alimentación previo, que, por su parte, recibe las piezas procesadas en la sierra de corte inicial. Este almacén se emplea para ordenar flujo de materiales asociado al conjunto de piezas de forma que se adapte a la dinámica operativa del centro de mecanizado. Las dimensiones de este depósito se encuentran altamente restringidas, hecho que obliga a mantener un flujo uniforme de materiales entre las dos fases principales del proceso productivo para evitar el colapso de este almacén intermedio. Las piezas que han terminado de ser procesadas en el centro de mecanizado, pueden dirigirse a otros equipos o trasladarse directamente a un almacén de piezas terminadas. Otra característica central del centro de mecanizado viene dada por las magnitudes considerables que adoptan los tiempos de preparación y ajuste de las máquinas que lo constituyen cada vez que se debe cambiar el tipo de pieza en alguna de ellas.

En concreto, para cumplir con los requerimientos del mercado se puede utilizar como medida de desempeño de las secuencias la minimización de la suma de los retrasos de todos los trabajos (total tardiness) con respecto a las fechas de entrega establecidas. Con el fin de minimizar la magnitud del inventario de producto en proceso puede adoptarse como criterio equivalente la minimización del tiempo de flujo total (total flow time), calculado como la suma de las diferencias entre los tiempos de terminación de los trabajos y sus respectivos tiempos de entrada.

Seguidamente se enuncian los principales supuestos adoptados durante el proceso de modelización:

- La configuración del sistema productivo responde a la estructura de un flow shop en el que se consideran tanto secuencias permutativas como secuencias no permutativas (secuencias de trabajo iguales o distintas en las distintas máquinas). No necesariamente todos los lotes de piezas deben ser procesados en todas las máquinas, aunque la secuencia de trabajo puede considerarse equivalente para todas las piezas (teniendo en cuenta que el tiempo de proceso es nulo para las máquinas donde no se realiza ninguna operación).
- El análisis se ha limitado al caso determinístico en el que se conocen el número de piezas que deben secuenciarse, sus tiempos de procesamiento, los tiempos de preparación, las fechas de disponibilidad de las piezas para su procesamiento (que no siempre coinciden con el tiempo de inicio de la programación), etc.
- Se ha tenido en cuenta una regla de exhaustividad, es decir, las piezas de un mismo lote se procesan de forma consecutiva, y una vez que comienza el procesamiento de un lote, este no puede interrumpirse hasta que no se hayan terminado de procesar todas las piezas de dicho lote. Además, cada pieza puede procesarse a lo sumo en una única máquina en un instante de tiempo dado. Igualmente, cada máquina puede procesar una única pieza por vez y todas las máquinas están disponibles en todo momento para procesar las piezas cuando sea necesario. No existe prioridad de procesamiento entre los lotes de piezas en cada máquina.
- Los tamaños de lotes de piezas de un mismo tipo se establecen antes de iniciar la operación en el centro de mecanizado. Esto implica que las piezas de un mismo lote se procesan de forma conjunta (no es posible dividir el lote en dos o más partes) en cada máquina. Una vez que la pieza de un lote ha salido de una máquina puede comenzar su procesamiento en la siguiente (no es necesario esperar a que se acabe de procesar todo el lote).
- El tiempo de traslado de cada pieza de una máquina a la siguiente se considera despreciable o en todo caso está incluido en el tiempo de procesamiento de la pieza.
- Tanto el almacén de alimentación del centro de mecanizado como el almacén de piezas terminadas y los almacenes de producto en proceso dispuestos entre las máquinas del centro de mecanizado tienen una capacidad limitada, por lo cual se pretende reducir los inventarios de producto en proceso dentro de la instalación.
- El tiempo de preparación (setup) asociado al cambio de lote en una máquina está compuesto por un tiempo fijo, independiente de la secuencia (propio de cada máquina y del tipo de pieza) y un tiempo variable, dependiente de la secuencia en cada máquina. Este tiempo es independiente de la posición del lote dentro de la secuencia. El tiempo de preparación entre piezas de un mismo lote es nulo o despreciable. Se consideran preparaciones enteramente separables. Es decir, no es necesario que todas las piezas de un mismo lote estén en la máquina para iniciar la preparación asociada a dicho lote.

2.1. Modelo matemático del problema

Esta sección describe formalmente el problema bajo análisis utilizando una formulación de programación matemática multicriterio, que puede resolverse utilizando un software de optimización general de programación lineal entera mixta. En el planteamiento del modelo solo se han considerado lotes de piezas de tamaño unitario, la consideración de lotes de mayor tamaño introduce una mayor complejidad en el análisis que inhabilita su resolución de forma práctica.

Los parámetros del modelo se definen de la siguiente manera:

- p_{jl} : Tiempo de procesamiento de la pieza j en la máquina l ($p_{jl} \geq 0$), $j = 1, \dots, n$, $l = 1, \dots, m$.
- r_j : Tiempo de llegada de la pieza j ($r_j \geq 0$), $j = 1, \dots, n$.
- d_j : Fecha de entrega de la pieza j ($d_j \geq r_j$), $j = 1, \dots, n$.
- s_{ijl} : Tiempo de preparación relacionado con el cambio de la pieza i a la pieza j en la máquina l ($s_{ijl} \geq 0$), $i = 0, \dots, n$ ($i = 0$ en el caso de que j sea la primera pieza de la secuencia), $j = 1, \dots, n$, $i \neq j$, $l = 1, \dots, m$.
- n_l : Número de piezas que deben procesarse en la máquina l , $l = 1, \dots, m$.
- y_j : Número de operaciones que deben realizarse en la pieza j , $j = 1, \dots, n$.
- M : Un número positivo muy grande.
- $A_{j|ol}$: $\begin{cases} 1 & \text{si la operación } o \text{ de la pieza } j \text{ debe procesarse en la máquina } l, \\ 0 & \text{en cualquier otro caso.} \end{cases}$

Las variables de decisión del problema se describen a continuación (para i, j y $k = 1, \dots, n$, $l = 1, \dots, m$, y $o = 1, 2, \dots, y_j$):

- P_{kl} : Tiempo de proceso de la operación en la posición k de la secuencia en la máquina l .
- S_{kl} : Tiempo de preparación de la operación asignada a la posición k en la máquina l .
- B_{kl} : Tiempo de inicio de la operación en el lugar k de la secuencia en la máquina l .
- B_j : Tiempo de inicio de la primera operación de la pieza j .
- C_{kl} : Tiempo de finalización de la operación en la posición k de la secuencia en la máquina l .
- C_j : Tiempo de terminación de la última operación de la pieza j .
- X_{jkl} : $\begin{cases} 1 & \text{si la pieza } j \text{ se asigna a la posición } k \text{ de la secuencia en la máquina } l, \\ 0 & \text{en cualquier otro caso.} \end{cases}$
- U_{ijkl} : $\begin{cases} 1 & \text{si la pieza } j \text{ se asigna a la posición } k \text{ de la secuencia y está precedida por la pieza } i \text{ en la máquina } l, \\ 0 & \text{en cualquier otro caso.} \end{cases}$

Seguidamente se introduce el modelo de programación matemática para el problema:

$$\text{minimizar } \left\{ f_1 = \sum_{j=1}^n (C_j - r_j), f_2 = \sum_{j=1}^n \max(0, C_j - d_j) \right\} \quad (1)$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{jkl} = 1 \quad k=1, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{n_l} X_{jkl} = \sum_{o=1}^{y_j} A_{j|ol} \quad j=1, \dots, n \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n U_{ijkl} = 1 \quad k=2, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (4)$$

$$X_{jkl} + X_{i(k-1)l} - 1 \leq U_{ijkl} \quad i \text{ y } j=1, \dots, n, (i \neq j), k=2, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (5)$$

$$S_{1l} = \sum_{j=1}^n s_{0jl} X_{j1l} \quad l=1, \dots, m, \quad (6)$$

$$S_{kl} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ijl} U_{ijkl} \quad k=2, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (7)$$

$$P_{kl} = \sum_{j=1}^n X_{jkl} p_{jl} \quad k=1, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (8)$$

$$B_j \geq B_{kl} - M(1 - X_{jkl}) \quad j=1, \dots, n, k=1, \dots, n_l \text{ y } l \ni A_{j1l} = 1, \quad (9)$$

$$B_j \leq B_{kl} + M(1 - X_{jkl}) \quad j=1, \dots, n, k=1, \dots, n_l \text{ y } l \ni A_{j1l} = 1, \quad (10)$$

$$C_{kl} = B_{kl} + S_{kl} + P_{kl} \quad k=1, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (11)$$

$$C_j \geq C_{kl} - M(1 - X_{jkl}) \quad j=1, \dots, n, k=1, \dots, n_l \text{ y } l \ni A_{jy_j l} = 1, \quad (12)$$

$$C_j \leq C_{kl} + M(1 - X_{jkl}) \quad j=1, \dots, n, k=1, \dots, n_l \text{ y } l \ni A_{jy_j l} = 1, \quad (13)$$

$$B_j \geq r_j \quad j=1, \dots, n, \quad (14)$$

$$B_{kl} \geq C_{(k-1)l} \quad k=2, \dots, n_l \text{ y } l=1, \dots, m, \quad (15)$$

$$B_{kl} + M(1 - X_{jkl}) \geq C_{pq} - M(1 - X_{jpl}) \quad j=1, \dots, n, o=2, \dots, y_j, l \ni A_{j|ol} = 1, q \ni A_{j(o-1)q} = 1, k=1, \dots, n_l \text{ y } r=1, \dots, n_q, \quad (16)$$

$$X_{jkl} \in \{0,1\} \quad j=1,\dots,n, k=1,\dots,n \text{ y } l=1,\dots,m, \quad U_{ijkl} \in \{0,1\} \quad i=1,\dots,n, j=1,\dots,n, k=1,\dots,n \text{ y } l=1,\dots,m, \quad (17)$$

La Ecuación (1) introduce los objetivos del problema: minimización del tiempo de flujo total y del retraso total. Las Ecuaciones (2) y (3) exigen, por un lado, que, en cada máquina, solamente una operación de una pieza sea asignada a cada posición de la secuencia, y, por el otro, que se asigne una única posición de la secuencia en cada máquina a cada una de las operaciones. A través de las Ecuaciones (4) y (5) se asegura que solo la pieza j se coloque después de la pieza i cuando esta se ha asignado a la posición $k-1$ en la máquina l .

Las Ecuaciones (6) y (7) determinan los tiempos de preparación para la primera posición de la secuencia y las posiciones subsecuentes en la máquina l . El tiempo de procesamiento de la pieza situada en la posición k de la secuencia en la máquina l viene dado por Ecuación (8). El inicio de la primera operación sobre la pieza j se calcula mediante Ecuaciones (9) y (10). La Ecuación (11) define el tiempo de terminación de la operación asignada a la posición k de la secuencia en la máquina l . El tiempo de terminación de la última operación de la pieza j se obtiene a partir de las Ecuaciones (12) y (13). La Ecuación (14) restringe el comienzo de la primera operación de la pieza j a ser mayor o igual que su tiempo de llegada. Por otro lado, el inicio de la operación asignada a la posición k de la secuencia en la máquina l debe ser mayor o igual que el tiempo de terminación de la operación previa de la secuencia en la misma máquina (Ecuación (15)). La Ecuación (16) requiere que el comienzo de la operación o de la pieza j en la máquina l sea mayor o igual que el tiempo de terminación de la operación previa de la misma pieza. La Ecuación 17 define las variables binarias del modelo.

3. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

En esta sección se presenta, en primer lugar, los conceptos relacionados con la toma de decisiones multicriterio y la optimización multiobjetivo que influyen en el planteamiento de una estrategia de solución para el problema. Posteriormente, se presenta el procedimiento basado en el recocido simulado propuesto para resolver el problema de secuenciación biobjetivo introducido en la sección anterior.

3.1. Toma de decisiones multicriterio y optimización multiobjetivo

En problemas de optimización combinatoria se busca la disposición óptima de un grupo de elementos discretos de forma que se satisfagan ciertos requerimientos y restricciones particulares. Si el problema es además multiobjetivo, existen varios criterios para evaluar la calidad de una dada disposición (solución) y existe un objetivo (minimización o maximización) asociado con cada uno de estos criterios.

La primera decisión que debe adoptarse con relación a un problema de optimización multiobjetivo consiste en determinar cómo combinar los procesos de búsqueda y toma de decisiones. Esto puede hacerse de alguna de los siguientes formas 0:

- Tomar decisiones (fijar prioridades) y buscar después (estrategia "a priori"): el usuario establece prioridades para cada uno de los objetivos y, luego, deben buscarse una o varias soluciones que verifiquen estas prioridades.
- Buscar y luego tomar decisiones (estrategia "a posteriori"): primeramente, se determina un conjunto de soluciones y luego el usuario debe seleccionar la más adecuada.
- Búsqueda y toma de decisiones interactiva: el usuario interviene durante el proceso de búsqueda con el fin de dirigirlo hacia soluciones prometedoras, realizando un ajuste de prioridades durante su desarrollo.

Otra decisión importante en optimización multiobjetivo radica en determinar la forma de evaluar la calidad de las soluciones. Existen diversas alternativas:

- Combinar los objetivos: se transforma el problema multiobjetivo en un problema con un único objetivo al combinar los distintos criterios en un único valor escalar.
- Alternar los objetivos: se optimiza un criterio por vez sujeto a restricciones en el valor de los restantes. En este caso resulta difícil determinar el orden de acuerdo con el cual debe optimizarse cada criterio.
- Evaluación basada en el criterio de Pareto: un vector que contiene los valores de todos los objetivos representa la aptitud de la solución, y el concepto de dominancia se utiliza para establecer preferencias entre las distintas soluciones.

La relación de dominancia se puede definir como sigue: sean dos vectores $A = (a_1, a_2, \dots, a_p)$ y $B = (b_1, b_2, \dots, b_p)$ con los valores de los objetivos para dos soluciones de un problema de minimización P-objetivo, se dice que:

- A domina estrictamente a B si $a_p < b_p$, para $p = 1, 2, \dots, P$.
- A domina ampliamente a B si $a_p \leq b_p$, para $p = 1, 2, \dots, P$ y $a_p < b_p$, para al menos un p .
- A y B no son comparables si A no domina (estricta o ampliamente) a B, ni B domina (estricta o ampliamente) a A.

3.2. Optimización de Pareto

La frontera óptima de Pareto está formada por el conjunto de todas las soluciones no dominadas existentes en el espacio de búsqueda multiobjetivo. Cuando se propone un procedimiento de búsqueda para obtener un conjunto de soluciones no dominadas, las soluciones encontradas deben proporcionar una buena aproximación a la frontera óptima de Pareto o frontera eficiente.

La optimización de Pareto abarca todos los métodos utilizados para determinar la frontera óptima de Pareto o un conjunto de soluciones que represente una buena aproximación a dicha frontera. El atractivo de la optimización de Pareto reside en que gran parte de los problemas de optimización multiobjetivo no presentan algo que pueda considerarse la mejor solución u óptimo global y resulta dificultoso asignar prioridades entre criterios antes de iniciar la búsqueda. Una condición que debe verificarse para que un problema sea multiobjetivo es que los criterios se encuentren en conflicto.

Un aspecto importante en la optimización de Pareto viene dado por la forma de evaluar la calidad de la frontera. Esto constituye un problema multicriterio en sí mismo ya que deben considerarse diversos criterios para determinar qué tan buena resulta la frontera obtenida: el número de soluciones no dominadas, la cercanía entre la frontera obtenida y la frontera óptima de Pareto, y la cobertura de la frontera (extensión y distribución de las soluciones), entre otros.

Los problemas de optimización combinatoria multiobjetivo, y los de secuenciación como caso particular, son difíciles de abordar debido a que la dimensión del espacio de búsqueda crece exponencialmente al crecer el tamaño de problema haciendo que la utilización de algoritmos exactos se vuelva impracticable. Los métodos aproximados, heurísticas y metaheurísticas, se aplican con frecuencia para generar soluciones subóptimas en tiempos razonables. Asimismo, suele carecerse de una caracterización teórica del espacio de soluciones y, por tanto, no se tiene una idea clara de la ubicación y forma de la frontera óptima de Pareto.

3.3. Planteamiento metaheurístico basado en el recocido simulado

En esta sección se describe el algoritmo basado en el recocido simulado empleado para resolver el problema planteado anteriormente.

El Recocido Simulado es un método basado en búsqueda local que fue desarrollado a partir de una analogía con el fenómeno del recocido para resolver problemas complejos de optimización. Los métodos de búsqueda local buscan en el entorno de la solución actual aquella solución con el mejor valor del criterio elegido, se mueven hasta él, y repiten la operación hasta que no resulte posible mejorar la solución en el entorno examinado. Al aplicar sistemáticamente este procedimiento se obtiene, en general, un óptimo local para el problema. Para no arribar a óptimos locales se debe incorporar un mecanismo diversificador que permita explorar todo el espacio de soluciones. En el caso del recocido simulado la estrategia globalizadora permite, con cierta frecuencia, movimientos hacia soluciones que empeoran el valor actual del objetivo.

El procedimiento desarrollado tiene la estructura de un procedimiento de recocido simulado con archivo de soluciones de Pareto (PASA, Pareto Archived Simulated Annealing, 0) que incorpora también los elementos propios de un algoritmo de recocido simulado multiobjetivo (MOSA, MultiObjective Simulated Annealing, 0).

3.3.1. Procedimiento PASA

Este método, propuesto en 0, emplea una función de agregación de las funciones objetivo, junto con un sistema de archivo/registro de soluciones no dominadas. Se asume que las funciones objetivo que deben minimizarse, f_p , $p = 1, 2, \dots, P$, son todas positivas. De esta forma el problema puede transformarse en un problema de minimización monobjetivo usando la siguiente función de agregación: $G(S) = \sum_{p=1}^P \ln(f_p(S))$. Así, la siguiente expresión:

$$\Delta G = G(S_c) - G(S_a) = \sum_{p=1}^P \ln \left(\frac{f_p(S_c)}{f_p(S_a)} \right) \quad (18)$$

representa la variación relativa media de las funciones objetivo entre la solución actual y la solución candidata. Si $\Delta G > 0$, la S_c deteriora la media relativa del conjunto de funciones objetivo. Si $\Delta G < 0$, la S_c mejora la media relativa del conjunto de funciones objetivo. En el primer caso la solución S_c se acepta con una probabilidad dada por $PA = e^{-\Delta G/T}$, donde T es el parámetro de control que simula el papel de la temperatura en el proceso físico del recocido. El método lleva un archivo de soluciones no dominadas que se gestiona de la siguiente forma:

- Si S_c está dominada por al menos una de las soluciones del archivo, no se agrega al conjunto.
- Si S_c domina a una o más soluciones del archivo, S_c se agrega reemplazando a las soluciones dominadas por ella.
- Si S_c no domina, ni está dominada por las soluciones del archivo, S_c se agrega sin reemplazar soluciones.

Para que durante el proceso de búsqueda se consiga una aproximación a la totalidad de la frontera eficiente, resulta necesario reiniciar la búsqueda regularmente a partir de una de las soluciones archivadas seleccionada al azar.

PASA incorpora los parámetros clásicos del recocido simulado:

T: Parámetro de control (temperatura), valor real positivo que varía de un valor inicial, T_0 , mayor a otro final, T_f , menor durante la ejecución del algoritmo.

N_{salt} : Número de iteraciones realizadas por el algoritmo para un cierto valor de T.

α : Función en T, $\alpha = \alpha(T)$, que determina la variación de T. En general: $\alpha(T) = \alpha T$, en la práctica: $\alpha \in [0,8;0,99]$.

N_{fin} : Máximo número de iteraciones sin mejora.

Para resolver el problema, se aplica el procedimiento que sigue para encontrar un conjunto de soluciones potencialmente eficientes.

i. Inicio

- Se aplica un procedimiento constructivo para generar una solución inicial, S_0 .
- Se evalúa $f_p(S_0)$, $\forall p$.
- Se incorpora S_0 al conjunto de soluciones eficientes: $CE = \{S_0\}$, $N_{cont} = t = 0$, $T = T_0$.

ii. Iteración t

- Se genera de forma aleatoria una solución en el entorno de S_a , $S_c \in V(S_a)$.
- Se evalúa $f_p(S_c)$, $\forall p$.
- Se calcula ΔG aplicando la Ecuación (18).
Si $\Delta G \leq 0$, se acepta la nueva solución: $S_a \leftarrow S_c$, $N_{cont} = 0$.
En otro caso, se acepta S_c con una probabilidad $PA = e^{-\Delta G/T}$. Se genera un número aleatorio ξ uniformemente distribuido en el intervalo $[0;1]$: $S_a \begin{cases} \leftarrow S_c, N_{cont} = 0, & \text{si } \xi \leq PA, \\ \leftarrow S_a, N_{cont} = N_{cont} + 1, & \text{si } \xi > PA. \end{cases}$
- Si corresponde, se actualiza CE teniendo en cuenta a S_c aplicando el criterio de dominancia antes mencionado.
- $t \leftarrow t + 1$: Si t es múltiplo de N_{salt} , $T = \alpha T$, en caso contrario se mantiene el valor de T. Si $N_{cont} = N_{fin}$ o $T < T_f$, se detiene la ejecución, en caso contrario se prosigue.
- Se reporta el conjunto de soluciones eficientes CE encontrado durante el proceso de búsqueda.

4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS EXPERIMENTALES PRELIMINARES

El procedimiento metaheurístico adaptado al problema bajo estudio fue programado mediante MS Visual Basic for Applications versión 7.1, en un entorno de MS Excel y fue ejecutado en un equipo con un procesador Intel Core i7-2620M @ 2.7 GHz y 8 GB de memoria RAM y un sistema operativo Windows 10 Pro.

Con el fin de estudiar el comportamiento del procedimiento metaheurístico propuesto se realizaron experimentos preliminares sobre dos conjuntos de problemas. El primer conjunto de problemas de dimensiones reducidas generados de forma aleatoria fue utilizado para comparar el desempeño del algoritmo metaheurístico con respecto a las soluciones exactas obtenidas a través de un proceso enumerativo. Para problemas de mayores dimensiones los resultados proporcionados por el procedimiento metaheurístico se compararon entre sí, con respecto al desempeño en relación con las propiedades de las fronteras generadas, su variabilidad, su convergencia y el esfuerzo computacional requerido en función de los parámetros de interés que definen los distintos problemas, dado que los tiempos de cálculo y requerimientos de memoria necesarios para obtener los conjuntos óptimos de Pareto resultan excesivamente elevados para instancias de mayor tamaño. Puede decirse que los procedimientos propuestos pudieron generar para casi todos los problemas de tamaño reducido las fronteras óptimas de Pareto. En el caso de los problemas de mayor tamaño se pudo apreciar que el algoritmo propuesto proporciona fronteras aproximadas que tienen un desempeño razonable en cuanto a cobertura, densidad, convergencia, estabilidad y esfuerzo computacional a medida que se incrementa el tamaño del problema, expresado en términos del número de pedidos/trabajos que se deben secuenciar y el número de máquinas que conforman la instalación productiva.

Además, durante el desarrollo del trabajo experimental se encontraron ciertas dificultades a la hora de determinar los parámetros de resolución del algoritmo para conseguir un mejor desempeño. Por esta razón, se considera que las contribuciones futuras en esta línea de trabajo deberían explorar alternativas que permitan realizar una definición y ajuste automatizados de los parámetros de resolución del procedimiento metaheurístico biobjetivo.

A continuación, se presenta un ejemplo sencillo para ilustrar el uso de la metodología en un problema concreto. Las Tablas 1 y 2 muestran la información asociada con el ejemplo. La Figura 1 muestra el diagrama de Gantt correspondiente a la secuencia más eficiente obtenida en la dirección

del retraso total, mientras que la Figura 2 presenta el diagrama de Gantt de la solución más eficiente obtenida en relación con el objetivo del tiempo de flujo total. La porción rayada de las barras que representan los distintos trabajos/pedidos, identificados por distintos colores, corresponde al tiempo de preparación/ajuste de máquina para cada lote de piezas en cada máquina. La Figura 3 muestra la frontera óptima de Pareto del problema, que en este caso está constituida por cinco secuencias, apreciándose la relación contrapuesta entre los objetivos analizados. En particular cuatro de las cinco soluciones no dominadas encontradas son secuencias permutativas.

Tabla 16 Valores de los tiempos de procesamiento, tiempos de llegada, fechas de entrega y número de piezas de los trabajos/pedidos para el ejemplo.

		j						
		1	2	3	4	5	6	
p _{ij} [unidades de tiempo, u.t.]	i	1	9	9	0	14	0	9
		2	7	5	6	10	13	5
		3	11	7	8	12	0	9
r _j [u.t.]			28	84	47	84	135	135
d _j [u.t.]			850	950	800	975	925	825
nº de piezas _j [u.]			23	21	27	9	24	15

Tabla 17 Valores de los tiempos de preparación para el ejemplo.

		s _{ijl} [u.t.]																	
		1						2						3					
i	j	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
i	0	7	7	0	8	0	21	29	33	11	8	17	21	34	28	12	32	0	22
	1	0	35	0	36	0	31	0	4	8	12	8	7	0	19	28	25	0	21
	2	14	0	0	22	0	21	15	0	19	30	11	34	29	0	19	33	0	33
	3	0	0	0	0	0	0	13	21	0	5	15	28	23	17	0	35	0	31
	4	8	9	0	0	0	29	27	7	18	0	14	6	23	18	10	0	0	9
	5	0	0	0	0	0	0	10	30	12	12	0	18	0	0	0	0	0	0
	6	13	30	0	37	0	0	20	21	23	19	33	0	12	32	31	13	0	0

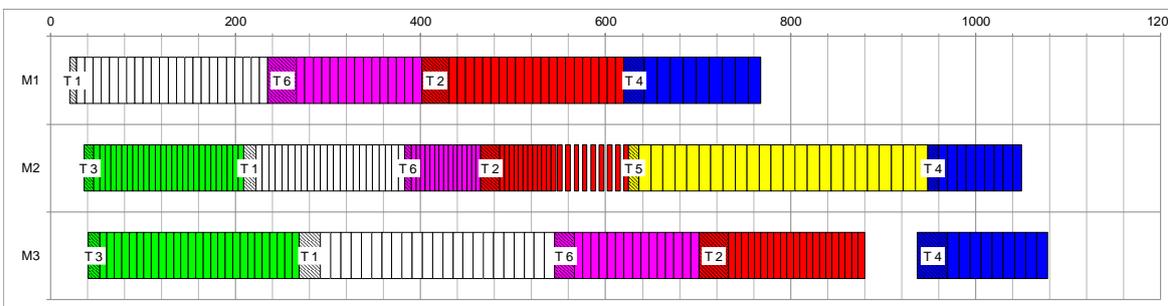


Figura 27 Secuencia eficiente en la dirección del objetivo retraso total.

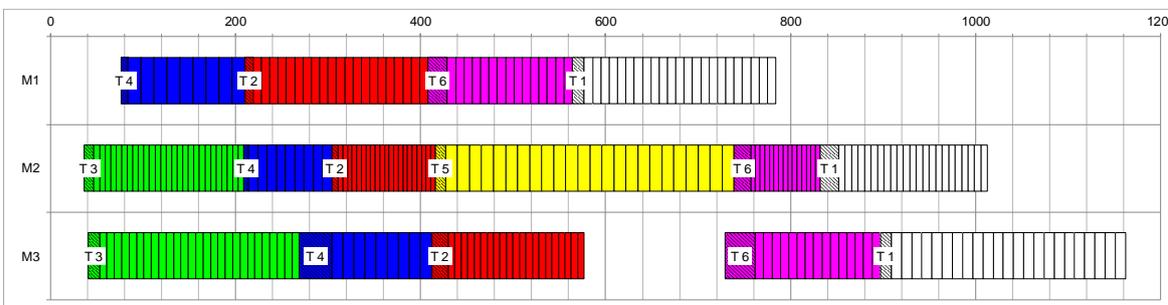


Figura 28 Secuencia eficiente en la dirección del objetivo tiempo de flujo total.

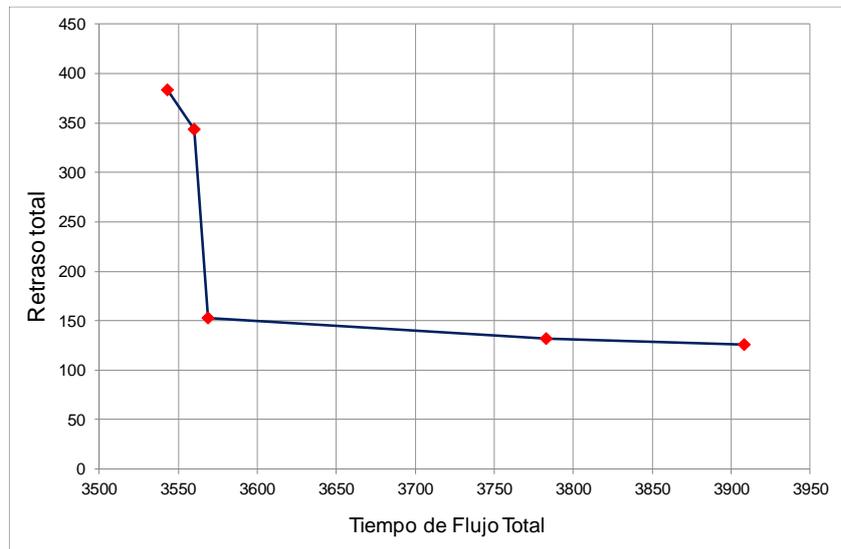


Figura 29 Frontera óptima de Pareto del ejemplo.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado un problema de secuenciación que tiene su motivación en el sistema de producción de una empresa fabricante de muebles. El problema se ha resuelto utilizando una aproximación metaheurística multiobjetivo basada en el recocido simulado, alcanzándose el objetivo de investigación planteado inicialmente. El uso de esta estrategia ha demostrado ser conveniente a partir de la comparación de los resultados preliminares obtenidos con los proporcionados por una estrategia enumerativa que proporciona la solución exacta, para el caso de problemas de dimensiones reducidas. Para problemas de mayor tamaño, el análisis preliminar de algunos resultados permite inferir que el método proporciona fronteras aproximadas con buenas propiedades, fundamentalmente en lo referente a la extensión y distribución de las soluciones no dominadas obtenidas.

Las contribuciones futuras en esta línea de investigación podrían estar enfocadas en el desarrollo de procedimientos de autoajuste de los parámetros de los algoritmos y en la aplicación de otras estrategias multicriterio, tales como la programación por metas, al problema analizado. Asimismo, podrían considerarse otras restricciones y objetivos de interés existentes en los entornos de fabricación reales y estrategias de solución que permitan incluir la incertidumbre en el análisis.

6. REFERENCIAS

- Palacios, M.C.; Álvarez, E.; Álvarez, M.; Santamaría, J.M. (2006). "Lessons learned for building agile and flexible scheduling tool for turbulent environments in the extended enterprise". *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*. Vol. 22, nos. 5-6, págs. 485-492.
- Pinedo, M. (1995). *Scheduling: theory, algorithms, and systems*. Prentice-Hall.
- Morton, T.E.; Pentico, D.W. (1993). *Heuristic scheduling systems, with application to production systems and project management*. John Wiley & Sons.
- T'kindt, V.; Billaut, J.-C. (2002). *Multicriteria scheduling: theory, models and algorithms*. Springer.
- Toncovich, A.; Oliveros Colay, M.J.; Moreno-Jiménez, J.M. (2008). "A mathematical programming model for a production scheduling problem in the furniture industry". *18th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2008)*. Skövde, Suecia.
- Steuer, R.E. (1986). *Multiple criteria optimization: Theory, computation and application*. Wiley.
- Knowles, J.; Corne, D. (2002). "On metrics for comparing nondominated sets". *Congress on Evolutionary Computation (CEC2002)*. Honolulu, Estados Unidos.
- Kirkpatrick, S.; Gelatt, C.; Vecchi, M. (1983). "Optimization by simulated annealing". *Science*. Vol. 220, no. 4598, págs. 671-680.
- Engrand, P.; Mournay, X. (1998). *Une méthode originale d'optimisation multiobjectif*. Reporte Técnico HT-14/97/035/A, EDF-DER.
- Ulugu, E.; Teghem, J.; Fortemps, P.; Tuyttens, D. (1999). "MOSA method: a tool for solving multiobjective combinatorial optimization problems". *Journal of Multicriteria Decision Analysis*. Vol. 8, no. 4, págs. 221-236.

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer a la Universidad Nacional del Sur el financiamiento recibido para el proyecto de investigación “Análisis y desarrollo de modelos para la gestión de sistemas productivos y logísticos en tiempos de Industria 4.0” (Código 24/J084).

Metodología de selección de proyectos de infraestructura exclusiva de transporte público en diferentes niveles de intervención. Caso de estudio ciudad de Santa Fe

Jaurena, Juan Francisco; Paduán, Virginia Isabela; Hurani, Raul Andrés; Pereyra, Diego Oscar

*Grupo Científico de Estudios de Transporte, Accidentología y Movilidad (CETRAM)
Facultad Regional Santa Fe – Universidad Tecnológica Nacional
Lavaisse 610, Santa Fe (3000), Argentina.
jjauarena@frsf.utn.edu.ar; vpaduan@frsf.utn.edu.ar; rhurani@frsf.utn.edu.ar;
dpereyra@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN

Estudios internacionales sobre carriles exclusivos y plataformas reservadas para el transporte público (TP) han identificado beneficios de mayor eficiencia operativa, reducción del número de accidentes y contaminación atmosférica. No obstante, la variedad de niveles de intervención genera el interrogante de si la infraestructura adoptada es en realidad la adecuada para el sector o corredor potencial.

La ciudad de Santa Fe tiene una población estimada de 427.000 personas y su sistema de TP se realiza mediante 250 autobuses en 16 líneas, con más de 450 km de red estática. El área macrocentral, con el 6% del área urbana, concentra la mayor cantidad de viajes, los cuales fluyen a través de seis importantes avenidas. Estas avenidas finalizan en los límites del macrocentro y el tránsito de se distribuye en forma no homogénea en calles del damero histórico con anchos de entre 8 y 10 metros de calzada. Estas características hacen que la movilidad en la ciudad presente problemáticas similares a las de otras ciudades de la misma escala en Latinoamérica en términos de congestionamientos y demoras en el tránsito.

El objetivo de este trabajo es presentar un proceso metodológico que permita realizar el despliegue de las diferentes etapas que conducen a la selección de estudios apropiados, conveniencia de viabilidad y grado de intervención en proyectos de segregación del servicio de TP, permitiendo a las autoridades estandarizar los proyectos, optimizar los tiempos y recursos económicos en el proceso de planificación.

Palabras Claves: transporte público, carriles exclusivos, gestión de velocidad comercial.

ABSTRACT

International studies on exclusive lanes and reserved platforms for public transport (PT) have identified benefits of increased operational efficiency, reduction in the number of accidents and air pollution. However, the variety of intervention levels raises the question of whether the infrastructure adopted is actually adequate for the potential sector or corridor.

The city of Santa Fe has an estimated population of 427,000 people and its PT system is provided by 250 buses on 16 lines, with more than 450 km of static network. The downtown area, with 6% of the urban area, concentrates the largest number of trips, which flow through six major avenues. These avenues end at the limits of the downtown and traffic is distributed unevenly in streets of the historic checkerboard with widths of between 8 and 10 meters of roadway. These characteristics make mobility in the city present problems similar to those of other cities of the same scale in Latin America in terms of traffic congestion and delays.

The objective of this work is to present a methodological process that allows the deployment of the different stages that lead to the selection of appropriate studies, suitability of feasibility and degree of intervention in TP service segregation projects, allowing the authorities to standardize projects, optimize time and economic resources in the planning process.

Keywords: public transport, exclusive lanes, commercial speed management.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad se convierte en destino de muchas de las inversiones, particularmente en su red de transportes, para dar soporte a la localización y crecimiento de actividades económicas, dotándoles de la necesaria accesibilidad. De hecho, si la ciudad quiere ser competitiva debe, entre otras cosas, estar dotada de infraestructuras que atraigan y generen actividades productivas [1]. Por tanto, la dotación de infraestructuras, entre ellas las de transporte, se configuran como requisito necesario para la competitividad.

Actualmente, las ciudades presentan problemas de movilidad cuyas características principales son, una alta ocupación del sistema vial y del espacio público por parte del transporte motorizado, que provoca congestión, aumento de los tiempos de viaje, aumento de la contaminación atmosférica, afectación a la salud pública, reducción del espacio público, entre otros. Cambiar el paradigma de movilidad desde un enfoque centrado en los automóviles por otro en el cual se privilegia el transporte público masivo es el principal desafío de las ciudades modernas.

Las políticas de movilidad deben re-enfocarse, haciendo especial énfasis en “cambiar las reglas del juego de las infraestructuras ya existentes: desde las calles de las ciudades hasta las autopistas. La actual obcecación por grandes inversiones en nuevas infraestructuras o adquisición de tecnologías verdes debe ser sustituida por un mayor atrevimiento político y técnico para modificar y optimizar la gran dotación infraestructural heredada. Conducirse de esta manera ya conlleva, en sí mismo, una mayor sostenibilidad ambiental y económica del sistema de transporte [2]

Desde la planificación urbana, Jaime Lerner dice: “El colesterol urbano es la acumulación en nuestras venas y arterias del uso excesivo del automóvil. Eso afecta al organismo y hasta a la mente de las personas. Enseguida creen que todo se resuelve con el coche. Entonces preparan la ciudad sólo para el automóvil. Viaductos, autovías... y las emisiones de gases de vehículos. La solución: usar menos el coche, evitar su uso cuando haya una buena alternativa de transporte público en los itinerarios habituales” [3]. Esta definición de política de movilidad pone como principal condicionante la eficiencia del sistema de transporte público.

Según la investigación de antecedentes de Navazo [4], no identificó ningún ejemplo donde la reducción del espacio para los coches haya comportado a largo plazo un caos circulatorio o una congestión perpetua. En concreto, lo que generalmente sucede es que se mantiene el mismo nivel de congestión, aunque con una capacidad de la red y unos volúmenes de tráfico inferiores. En definitiva, se observa cómo las personas adquieren diferentes estrategias de desplazamiento dependiendo de la oferta de modos de transporte existente, observándose que una mayor oferta vial provoca la aparición de nuevo tráfico (inducción) y una reducción de capacidad conlleva una desaparición (inhibición).

Según estudios para el Banco Interamericano de Desarrollo [5], en los impactos de sistemas de autobuses segregados (sobre carriles exclusivos o plataformas reservadas) se han identificado beneficios positivos en términos de una mayor eficiencia operativa del sistema de transporte, así como la reducción del número de accidentes y la contaminación atmosférica. En general, estos sistemas alcanzan velocidades y una productividad muy superior al promedio, comparados con los autobuses convencionales. En este mismo sentido, Zamorano, Bigas y Sastre [6], aseveran que los carriles bus o plataformas reservadas son muy útiles para garantizar una adecuada velocidad comercial, una buena regularidad y en definitiva evitar atascos e interferencias del tráfico.

De lo anteriormente expuesto se desprende que la congestión no puede ser erradicada y es allí donde entra en juego la visión, capacidad y planificación de las autoridades de aplicar políticas públicas para captar usuarios expulsados que buscan una alternativa de transporte. Una de las herramientas disponibles es la implantación de carriles exclusivos para priorizar el transporte público. No obstante, la variedad de niveles de intervención genera el interrogante de si la infraestructura adoptada es en realidad la adecuada para el sector o corredor potencial. Por lo tanto, las herramientas de gestión con que cuenten serán determinante al momento aplicar políticas efectivas y en el momento oportuno.

Si se considera que la ciudad de Santa Fe es una ciudad de tamaño medio, con una población urbana estimada a 2020 de 427.000 personas [7], Como tal, no escapa a las problemáticas que se observan en ciudades dentro de la misma escala en Latinoamérica: congestionamientos moderados y demoras en el tránsito en algunos horarios, en especial en las zonas centrales, producto no solo del importante crecimiento en el parque automotor sino también a las obras obligadas de adecuaciones y mantenimiento de servicios subterráneos y aéreos, mantenimiento y/o ampliaciones de red de calles, etc. que generan modificaciones en los itinerarios de los conductores, derivándose el tránsito hacia arterias que previamente se encontraban en capacidad y resultan incapaces de absorber más flujo vehicular. El sistema de transporte público por autobuses, inserto en esta problemática, va perdiendo gradualmente velocidad comercial, afectando de esta forma sus frecuencias, costos y competitividad sobre otros modos más flexibles.

Obligados por esa problemática, muchas ciudades en el mundo han optado por desagregar las redes de autobuses en diferentes niveles de intervenciones ya sea, infraestructuras exclusivas con estaciones cerradas e ingresos mediante molinetes y moduladas o espaciadas en forma similar

a las de un sistema de metro subterráneo, llamados BRT (*Bus Rapid Transit*); infraestructuras exclusivas con estaciones abiertas y espaciadas cada 400/500 metros llamados Metro Buses y por último carriles de uso exclusivo para el transporte público dentro en el viario urbano con paradas a cielo abierto distanciadas 200/300 metros entre sí.

Este trabajo, primeramente, identifica y propone los diferentes estudios de base según nivel de intervención para la etapa de planificación de dichas infraestructuras, los cuales, son el producto de la experiencia práctica del grupo de transporte CETRAM (Grupo Científico de Estudios de Transporte Accidentología y Movilidad) de la Facultad regional Santa Fe de la UTN [9]. Luego, presenta un método expeditivo de toma de decisiones utilizando un modelo empírico, que permite establecer la viabilidad operacional de implantar una infraestructura segregada para el sistema de transporte público por colectivos. Por último, se elabora una metodología sistémica de estudios que permite la selección de proyectos de infraestructura exclusiva de transporte público en diferentes niveles de intervención.

2. MARCO TEÓRICO

Relación Transporte Público y el tamaño de las ciudades.

Algunos especialistas en transporte clasifican a las ciudades en función de la cantidad de habitantes, y en base a ello definen el sistema de transporte público más adecuado para la misma. La clasificación para las ciudades de países en vía de desarrollo se muestra en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 18 - Clasificación de ciudades según cantidad de habitantes

Tamaño / Nivel	Cantidad de Habitantes	Sist. De Transporte Recomendado
1	< 100.000	Mov. No motorizada + Vehículo Privado
2	100.000 – 400.000	Minibuses + Autobuses
3	400.000 – 2.000.000	Carriles exclusivos / Introducción de un Sistema Ligero Guiado.
4	2.000.000 – 5.000.000	Sistemas Rápidos y Masivos BRT+ Metro
5	> 5.000.000	Redes de Transporte que integren los Sistemas Interurbanos de Ferrocarril + todos los modos de Transporte

Fuente: Consultora INECO - España

De acuerdo con esta clasificación, la ciudad de Santa Fe (aún sin incluir a su Área Metropolitana) se encuentra en un NIVEL 3, que se corresponde con un sistema de autobuses con carriles exclusivos, más la posibilidad de un sistema ligero guiado.

El origen de la segregación del sistema de TP por buses.

El sistema BRT, es un sistema de transporte masivo basado en autobuses y se caracterizan por transitar generalmente por carriles segregados en zonas urbanas. Los carriles pueden estar ubicados en el centro de la carretera. El ingreso a los buses suele hacerse a través de estaciones donde previamente pagan los pasajeros en lugar de realizar el pago al interior de los buses.

El primer sistema BRT es la Red Integrada de Transporte en Curitiba, que entró en servicio en 1974, estableciendo un nuevo formato de transportación, que fue replicado en otras ciudades. A partir de principios del siglo XXI fueron posteriormente implementados en muchas otras ciudades en todo el mundo.

En nuestro país muchas ciudades implementaron diferentes variantes de segregación de los sistemas de TP; en primer lugar, la ciudad de Buenos Aires tomó esta idea para luego expandirse a otras ciudades, tales como: Rosario, Mar del Plata, La Plata, Mendoza, Santa Fe, Paraná, Resistencia, Jujuy, Salta, etc. Pero en todas ellas no se llegó al nivel de lo que se conoce como BRT, sino que las intersecciones con flujos vehiculares, tipologías y distancias entre paradas los ubican como una variante llamada Metrobús.

Clasificación de los diferentes niveles de intervención.

El desarrollo tecnológico de los últimos años ha permitido que los sistemas de transporte público hayan evolucionado para adaptarse a las distintas tipologías de demanda provocadas por los cambios en los usos del suelo, los cambios en la movilidad de las ciudades y sus áreas metropolitanas y por el interés de generar menores niveles de contaminación. Actualmente existe una amplia gama de vehículos con diferentes características técnicas, que han evolucionado hacia estándares de mayor calidad y menor contaminación. De todos modos, mientras antes los sistemas de transporte se definían en función de la tecnología de los vehículos, ahora el principal criterio, el que marca realmente la diferencia, es el grado de segregación de su plataforma.

Según Zamorano, Bigas y Sastre [6], los sistemas pueden clasificarse de la siguiente forma:

- **Categoría A o Infraestructura totalmente segregada:** El transporte público circula por una plataforma completamente independiente, sin cruces a nivel de vehículos o personas. Puede alcanzar velocidades operativas superiores a los 50 km en función del trazado y la distancia entre paradas.
- **Categoría B o Infraestructura parcialmente segregada:** El transporte público circula por una plataforma separada del resto del tráfico (por bordillos, barreras especiales o vallas, distintos niveles, etc.) pero con cruces a nivel de vehículos y peatones, incluyendo intersecciones. En este caso el transporte público puede alcanzar velocidades superiores al vehículo privado (pueden superar los 20 km en medio urbano), con lo que empieza a ser competitivo con respecto a éste, pudiendo conseguir una capacidad de 20.000 pasajeros por hora y por sentido. Estas soluciones se aplican también en vías urbanas con espacio restringido y cuando existen problemas de indisciplina en su utilización por parte de los vehículos privados, a causa de la elevada congestión, densidad comercial, déficit de estacionamiento, etc. En general, la plataforma reservada permite una mejora de las características funcionales del sistema, proporciona una imagen fuerte y una mayor identidad, aunque tiene un costo elevado y un mayor impacto en los usos del suelo y en las condiciones del tráfico.
- **Categoría C o Infraestructura no segregada (plataforma no reservada):** El transporte comparte la infraestructura con el resto del tráfico viario y, por lo tanto, no puede alcanzar velocidades operativas superiores a éste (raramente supera los 15 km en ámbito urbano). Además, por las interferencias con el tráfico, la regularidad es baja y la capacidad difícilmente puede alcanzar los 6.000 pasajeros/hora/sentido.

En una primera etapa las intervenciones de segregación suelen ser mal percibidos por los usuarios de vehículos particulares por ocupar parte de la red vial y por los comerciantes del entorno, principalmente por la eliminación de sectores de estacionamientos. Sin embargo, a mediano y largo plazo, las ventajas que ofrecen esta infraestructura son percibidas por la sociedad en su conjunto como una mejora en la calidad de vida colectiva. Por lo tanto, su implementación debe estar acompañada de campañas de información ciudadana para que los fundamentos de la segregación sean entendidos y aceptados por la sociedad.

3. LA CIUDAD DE SANTA FE y su RED DE TRANSPORTE PÚBLICO

La ciudad de Santa Fe tiene una población estimada de 427.000 personas y su sistema de TP se realiza mediante 250 autobuses en 16 líneas, con más de 450 km de red estática que opera con rutas fijas y horarios predeterminados, dicha red genera una cobertura territorial del 83% [8] de la zona urbanizable. El servicio esta regulado por la Ordenanza N° 11.580, especificando cada recorrido correspondiente con las frecuencias establecidas. Se tiene además que 30,63 Km de dicha red estática es parcialmente segregada, correspondiendo 1,2 Km al corredor exclusivo ubicado en calle Rivadavia entre calles Mendoza y Bv. Pellegrini y 5,7 Km al Metrofé de Av. Blas Parera entre F. C. Rodríguez y Av. Cnel. Loza.



Figura 30 – Red de TP de la ciudad de Santa Fe. Fuente: elaboración propia

El área macrocentral, con el 6% del área urbana, concentra la mayor cantidad de viajes, los cuales fluyen a través de seis importantes avenidas. Estas avenidas finalizan en los límites del macrocentro y el tránsito se distribuye en forma no homogénea en calles del damero histórico con anchos de entre 8 y 10 metros de calzada.

4. DEFINICIÓN DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS PARA REALIZAR UNA INTERVENCIÓN URBANA PARA EL MEJORAMIENTO DEL TP

Los proyectos, incluso los de Carriles exclusivos en cualquiera de sus variantes, son planeados para llevarse a cabo en un ciclo del proyecto. Para este trabajo se utilizará la siguiente terminología y secuencia:

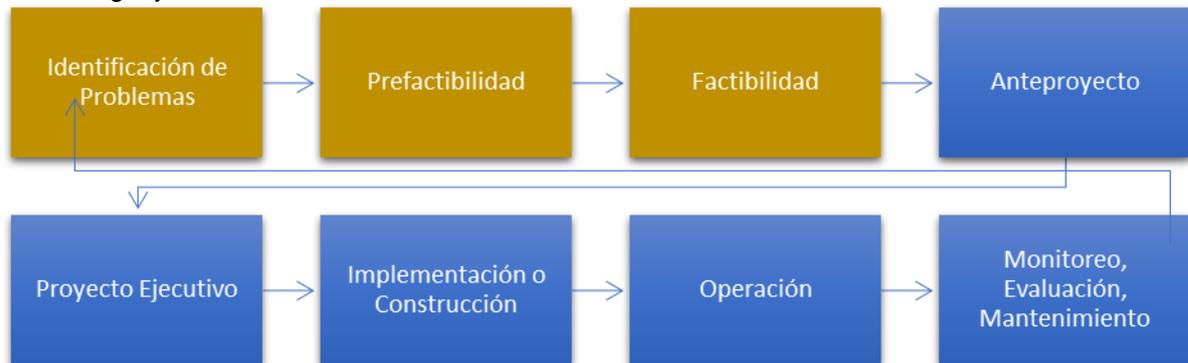


Figura 31 – diagrama de fases de proyectos. Fuente: Elaboración propia

Los primeros tres pasos completan la etapa de planificación de dicho ciclo, también la evaluación puede ser considerada como parte integral del proceso de planificación porque proporciona retroalimentación en el proceso del conocimiento y juicio de las decisiones tomadas en el pasado.

Los estudios propuestos en este trabajo abarcan esta etapa de planificación, ya que en ella se debe producir un evento coyuntural en la toma de decisión sobre la ejecución de la segregación del sistema de transporte del tránsito mixto. En este sentido es importante aclarar que los estudios de campo propuestos se basan especialmente en ciudades de tamaño medio.

Estudios caracterización del TP

Datos generales de prestación del servicio.

- **Objetivo:** Recopilar datos básicos y antecedentes del Sistema de Transporte.
- **Información a relevar:** Normativa regulatoria a nivel municipal, provincial y nacional, prestatarios del servicio, líneas y ramales (cartografía digital de recorridos, longitud de cada recorrido), flota activa (cantidad de unidades, modelos, accesibilidad, antigüedad individual y global, tipo de combustible), frecuencias establecidas, registro de siniestralidad, información histórica del sistema SUBE o similar: de ellos se obtienen Pasajeros transportados por hora, día, mes y año; kilómetros recorridos por hora, día, mes y año, desagregado por cada prestatario, línea y ramal.

Estudios de velocidad media de marcha global y tramos homogéneos.

- **Objetivo:** Determinar las velocidades medias de marcha de cada línea en forma global y parcial en diferentes secciones o tramos homogéneos para la identificación de sectores problemáticos con baja significativa de velocidad media de marcha.
- **Metodología:**
 - a) Determinación de la velocidad media de marcha global (VMMg): debe ubicarse la “punta de Línea” o “terminal” de la línea o Ramal bajo estudio, mediante la utilización de información georeferenciada que contendrá la marca temporal (hh:mm:ss) y la identificación de cada unidad, se tomarán los datos de tiempo en el momento de la salida (Hi) del servicio y la llegada (Hf), el tiempo de vuelta (Tv) será como se indica en la Ecuación (1):

$$Tv = Hf - Hi [h] \quad (1)$$

Nota: el resultado de las horas debe ser calculado en tiempo centesimal.

Luego, el cálculo de la velocidad media de marcha global de la Línea o Ramal será como se indica en la Ecuación (2):

$$VMMg = \frac{\sum Lvi / Tvi}{n} = [km/h] \quad (2)$$

Donde: Lv será la longitud de la vuelta de la línea en metros, Tv es la duración en horas y n el número de unidades verificadas.

- b) Determinación de la velocidad media de marcha por tramo homogéneo (VMM Th): la metodología de estudio del punto “a” es válida para este análisis con la particularidad de

que debe tomarse la longitud del tramo homogéneo para realizar el análisis y debe registrarse el tiempo al momento de ingresar al tramo y al salir del mismo.

Estudio de frecuencias y ocupación visual.

- **Objetivo:** Verificar las frecuencias de paso por líneas y establecer el nivel de ocupación de los coches mediante la observación.
- **Información a relevar:** Registros de paso de las unidades de las diferentes líneas, que se usarán para el cálculo de las frecuencias de paso individuales, pero, además, se usarán para el cálculo del flujo medio de buses por minuto (FMBM), que será la suma de la dotación horaria individual de las líneas que operan en el corredor dividido los sesenta minutos de la hora.

Los niveles visuales de ocupación serán: A: Casi Vacío - B: Semivacío - C: Ocupación Total - D: Algunos pasajeros de Pie - E: Lleno - F: Saturado

Estudio de volúmenes horarios de pasajeros transportados.

- **Objetivo:** Obtener la cantidad de pasajeros transportados en un trayecto determinado y en los horarios preestablecidos mediante las transacciones realizadas y la georreferenciación de paradas a modo de identificar la mayor concentración de ascensos en el corredor de estudio correspondientemente.
- **Información a relevar:** Los datos necesarios a tener en consideración sobre las transacciones realizadas según las paradas asignadas: Id Línea, Día, Hora [hh:mm], Cantidad de usos, Coordenadas de transacción Latitud y Longitud.

Relevamiento de paradas de TP en el área de proyecto.

- **Objetivo:** Conocer las condiciones de las zonas de detención existentes del trayecto en estudio de las paradas existentes del trayecto estudiado.
- **Información a relevar:** cantidad de líneas en la zona de detención, condiciones de accesibilidad (rampas, vereda y refugio de espera), señalización vertical (cartel indicador de línea y cartel de zona de detención de colectivos), demarcación horizontal (sendas peatonales, cordón pintado para exclusividad de detención de colectivos, ascenso y descenso de pasajeros).

Relevamiento de influencia del ticketing en las demoras del TP.

- **Objetivo:** Contabilizar (cronometrar) el tiempo transcurrido en el que un usuario asciende a la unidad y efectúa su cancelación de viaje. Este suceso puede presentar variaciones según la cantidad de personas en espera antes que arribe la unidad y dentro de la misma según su capacidad, horario del día (si se trata de un horario valle o pico), medio de pago empleado (pago con monedas, billetes, tarjeta, con o sin emisión de ticket como comprobante) y sistema automatizado o cobro manual ejercido por el conductor.
- **Información a relevar:** tiempo transcurrido en el que el pasajero asciende y abona el boleto correspondiente en la unidad de colectivo y observaciones que puedan ser de interés como la modalidad de pago y otras consideraciones que consecuentemente tengan influencia en el tiempo de *ticketing*.

Caracterización socio-urbanística.

Determinación de la población en el área de influencia del Proyecto.

- **Objetivo:** Determinar la población directamente beneficiada por el proyecto.
- **Metodología:** Mediante la utilización de datos georreferenciados de población por radio censal, primeramente, debe actualizarse la población por radio censal al año del proyecto. Luego, mediante geo procesos, debe recortarse y analizarse la población en el área de influencia de las líneas que transitan por el área de intervención. La población directamente beneficiada será la que se encuentre en el área de influencia directa de cobertura de las líneas debido a las mejoras en tiempos de viaje. En la ciudad de Santa Fe, la banda de cobertura tomada es de 400 metros a ambos lados del recorrido.

Relevamiento fotográfico.

- **Objetivo:** Realizar un registro fotográfico de detalles o sectores de interés en el área del proyecto.

- **Información a relevar:** El relevamiento fotográfico será de suma importancia para el registro de detalles y sectores de interés en el proyecto, especialmente antes de cualquier intervención o materialización. Los objetivos de interés serán: calzadas, ciclovías, zonas de estacionamiento, desagües, frentes de construcciones privadas: accesos, usos de veredas, fachadas que puedan considerarse patrimonio histórico, monumentos, marmitas o imágenes religiosas en canteros centrales o veredas, equipamiento urbano existente (refugios de espera, zonas de esparcimiento), infraestructura de servicios públicos (transformadores, tendidos de líneas de alta y media tensión, puntos de acceso o venteos de gas natural, señalización vial y demarcación horizontal existente, sistemas de control de tránsito: semáforos, lomos de burro, badenes, cinemómetros, etc. Toda la información relevada fotográficamente debe ser catalogada por tramo o altura de calle o avenida con la respectiva referencia temporal de la toma y de resultar conveniente, deben ser georreferenciadas.

Relevamiento de frentistas.

- **Objetivo:** Recopilar datos de usos del suelo privado en el área de estudio. El relevamiento de frentistas permitirá evaluar los impactos temporarios o permanentes sobre la accesibilidad a viviendas y comercios. Los temporarios pueden producirse durante la etapa de construcción de calzadas, veredas o estaciones, es posible identificar también algunos impactos permanentes debido al traslados de servicios, construcción de pasarelas peatonales o estaciones sobre veredas dependiendo del formato de proyecto seleccionado.
- **Información a relevar:** Uso (vivienda, comercio, industria, etc.), en caso de comercios, especificar cualitativamente su tamaño (pequeño, mediano o grande).

Relevamiento de actividad económica principal en el área de influencia del Proyecto.

- **Objetivo:** Relevar el perfil económico del corredor a intervenir. En función de la actividad económica principal que se desarrolle, es posible cuantificar el impacto en el desarrollo económico y social del sector en general una vez finalizado el proyecto integral.
- **Información a relevar:** Cantidad de comercios y rubro de actividad, identificación de potenciales locales o sectores que pueden incorporarse referidos a servicios vinculados con el uso del transporte público.

Estudio de normativa (sobre afectaciones a terrenos frentistas).

- **Objetivo:** Reconocer la normativa vigente local, provincial y nacional aplicable al proyecto.
- **Información a relevar:** Se debe tener en consideración la normativa vigente acerca de los asuntos relacionados directamente con el uso, la ocupación y la subdivisión del suelo, la provisión de infraestructura, los volúmenes edificables y el tejido urbano, la preservación de los ambientes de valor histórico, arquitectónico, urbanos y paisajísticos, el manejo de la vulnerabilidad medioambiental y demás aspectos que tengan relación con el ordenamiento urbanístico según parámetros de sustentabilidad social, económica y ambiental del territorio que comprende la jurisdicción del municipio.

Estudios de tránsito.

Relevamiento de flujo de tránsito – método de conteos esporádicos.

- **Objetivo:** Para el estudio del volumen total del tránsito de un corredor urbano, es necesario conocer su composición. Efectuar una clasificación básica del tránsito facilita visualizar los escenarios de simulación a futuro conforme a la infraestructura.
- **Información a relevar:** Clasificación simple sobre el tránsito pasante. Según la alternativa de modalidad elegida y el tiempo destinado a realizar el trabajo, se deberán tener en consideración la logística de posicionamiento de operadores y las planillas para registro. En caso de contar con contadores electrónicos (neumáticos, electromagnéticos o Doppler), deberá realizarse una planificación de su colocación teniendo en cuenta los permisos necesarios para realizar las intervenciones de corte de tránsito para la instalación.

Análisis de capacidad y nivel de servicio del área de proyecto.

- **Objetivo:** Determinar la capacidad de una vía corresponde a estimar la cantidad máxima de vehículos que pueden circular durante un período específico de acuerdo a sus condiciones físicas y cualitativas para el cual es destinado.

- **Metodología:** Se recomienda la metodología HCM 2000 (Highway Capacity Manual) metodología para arterias urbanas [10].

Estudio de estacionamiento.

- **Objetivo:** Con la finalidad de identificar los problemas de flujos vehiculares y la capacidad de la vía en función de su ocupación, se determina la relación entre la oferta y demanda del espacio destinado a estacionamiento para la planificación urbana.
- **Información a relevar:** Es importante conocer la normativa vigente sobre el uso y regulación de los horarios de carga y descarga, estacionamiento medido, ascenso y descenso, como también contemplar, qué condiciones se rigen en referencia a estacionamiento permitido, vedado, prohibido y evaluar el impacto que pueda generarse según los cambios que se puedan proyectar en el corredor de estudio para solventar posibles traslados y espacios disponibles como alternativas a estos intercambios. Además, es importante investigar la normativa para estudiar las regulaciones y disposición de las dársenas: en paralelo, a 45° etc. En lo que respecta al análisis de los datos se debe considerar índice de ocupación en horarios comerciales y coeficientes de rotación vehicular, referidos al tiempo de permanencia de los vehículos en las dársenas.

Análisis de siniestralidad vial del área de proyecto.

- **Objetivo:** Identificar los puntos más conflictivos y posibles causales y contribuyentes a los siniestros de tránsito en el corredor estudiado.
- **Información a relevar:** La información puede provenir de diferentes fuentes, debe optarse por la que se considere más confiable y de mayores detalles sobre los sucesos. En el caso Santa Fe, dado que las prestatarias del servicio acreditan norma IRAM 3.810, sus bases de datos fueron de interés, juntamente con las de la Agencia Provincial de Seguridad Vial. Aunque esta última solo registra siniestros con lesionados.

Estudios sobre la infraestructura y el espacio urbano.

Relevamiento perfil transversal.

- **Objetivo:** determinar el ancho de la zona de camino entre Líneas de Edificación del tramo problemático con el propósito de decidir la tipología del C.E posible a construir.
- **Información a relevar:** ancho total entre Líneas de Edificación, anchos de: veredas, carriles de circulación y cancheros centrales.

Relevamiento de naturaleza y estado superficial de pavimentos.

- **Objetivo:** Contar con un inventario de deficiencias observables de los pavimentos en el área de estudio para posibilitar la toma de decisiones sobre el grado de intervención necesaria.
- **Información a relevar:** Se recomienda realizar relevamiento mediante planillas conforme a la metodología de evaluación de estado de los pavimentos de la Dirección Nacional de Vialidad.

Relevamiento de mobiliario urbano.

- **Objetivo:** Contar con un inventario del mobiliario urbano en la zona de intervención.
- **Información a relevar:** Mediante planillas elaboradas a tal fin debe indicarse: ubicación, características y estado de conservación. Los elementos objetivo serán: ciclistas, bancos, bebederos, basureros, obras de arte, dársenas especiales o exclusivas, etc.

5. SELECCIÓN DE ESTUDIOS PARA CADA NIVEL DE INTERVENCIÓN

En virtud de que el siguiente trabajo se basa en el caso práctico de la ciudad de Santa Fe, considerada como una ciudad de tamaño medio, los niveles de intervención serán dos: nivel de intervención Metrobús y Carril Exclusivo en viario urbano estándar.

Tabla 19 – Estudios propuestos por nivel de intervención estudiado

PUNTO	ESTUDIO PROPUESTO	NIVEL DE INTERVENCIÓN	
		CARRIL EXCLUSIVO	METROBUS
4.1.	Estudios caracterización del TP		
4.1.1.	Datos generales de prestación del servicio	N	N
4.1.2.	Estudios de velocidad media de marcha global y tramos homogéneos	N	N
4.1.3.	Estudio de frecuencias y ocupación visual	N	N
4.1.4.	Estudio de volúmenes horarios de pasajeros transportados en el área del proyecto	N	N
4.1.5.	Relevamiento de paradas de TP en el área de proyecto	N	N
4.1.6.	Relevamiento de influencia del ticketing en las demoras del TP	D	N
4.2.	Caracterización Socio urbanística		
4.2.1.	Determinación de la población en el área de influencia del Proyecto	D	N
4.2.2.	Relevamiento fotográfico	N	N
4.2.3.	Relevamiento de frentistas	DP	N
4.2.4.	Relevamiento de actividad económica principal en el área de influencia del Proyecto	N	N
4.2.5.	Estudio de normativa (sobre afectaciones a terrenos frentistas)	DP	N
4.3.	Estudios de tránsito		
4.3.1.	Relevamiento de flujo de tránsito – método de conteos esporádicos	N	N
4.3.2.	Análisis de capacidad y nivel de servicio del área de proyecto	N	N
4.3.3.	Estudio de estacionamiento	N	N
4.3.4.	Análisis de siniestralidad vial del área de proyecto	D	N
4.4.	Estudios sobre la infraestructura y el espacio urbano		
4.4.1.	Relevamiento de Perfil Transversal	N	N
4.4.2.	Relevamiento de naturaleza y estado superficial de pavimentos	D	N
4.4.3.	Relevamiento de mobiliario urbano	D	N

Fuente: Elaboración propia

Donde:

N = Necesario

D = Deseable

DP = Deseable en zonas identificadas problemáticas

X = No Necesario

6. VIABILIDAD OPERACIONAL EN LA GENERACIÓN DE UNA SEGREGACIÓN DE TRANSPORTE

En la etapa de planificación debe resolverse la pregunta básica coyuntural: ¿es necesaria la segregación del TP para un corredor o un tramo?, la cual se puede responder mediante una respuesta sobre su funcionalidad operacional de un tramo o sector a ser segregado del tránsito mixto. En esta sección del trabajo se propone un método expeditivo de toma de decisiones utilizando un modelo empírico sobre la base de experiencias propias en la ciudad de Santa Fe. para la cual se analizaron diferentes secciones de calles convencionales sin intervenciones, Caso calle 9 de julio, San Jerónimo y calles con intervenciones de segregación, caso Rivadavia entre Mendoza y Bvd. Gálvez. También, avenidas sin intervenciones de segregación, caso Av. Aristóbulo del Valle y Avenidas con intervención de segregación, caso de Av. Blas Parera en el Tramo Cnel. Loza – Fray Cayetano Rodríguez. Un ejemplo de ello es el realizado en el año 2009 en el estudio “Simulación de Tránsito en el Macrocentro de la ciudad de Santa Fe”, un estudio de vinculación tecnológica encargado por la municipalidad de dicha ciudad y donde se detectó que calle Rivadavia (sin intervención de carril exclusivo) tenía volúmenes de tránsito en horas pico en el orden de los 1200 a 1400 v/h con una composición mayoritaria de vehículos livianos y una frecuencia de entre 72 y 80 buses/h y Niveles de Servicio (NS) entre C y E. Sin una metodología de planificación de carriles exclusivos se decide, en el año 2014, la ejecución de 1200 m de carril exclusivo en el tramo entre

Mendoza y Bvd. Gálvez resultando en una mejora del tiempo de tránsito de los buses del 43%. Este ejemplo, puso en evidencia que para ciertos niveles de congestión vehicular y frecuencias de buses es deseable la inserción de infraestructura segregada.

Otros estudios con datos de volúmenes de tránsito, niveles de servicio y frecuencias de los servicios TP que abarca un periodo desde 2008 a 2019 de diferentes estudios ejecutados, sirvieron de base para identificar las demoras e influencias de la congestión en el servicio de TP, igual al ejemplo anteriormente descrito.

A continuación, y en base a esta experiencia acumulada y analizada para esta investigación, se propone en la Figura 3 un ábaco de viabilidad básico y sencillo para la toma de decisión primaria sobre la implantación de infraestructura de segregación en avenidas o calles urbanas - según HCM (*Highway Capacity Manual*) versión 2000 puede ser clase III o IV.

La metodología vincula los Niveles de Servicios² (según HCM2000 – metodología para arterias urbanas) y los flujos medios de buses por minuto (FMBM) que van desde los 0,2 buses por minuto (12 buses por hora) a los 3 buses por minutos (180 buses por hora). El parámetro tomado como análisis entre 0,2 y 3 buses por minuto es consistente con ciudades de tamaño medio como el caso de estudio de la ciudad de Santa Fe.

Se considera el NS-D como condición de flujo, que dependiendo de FMBM, establece los criterios de conveniencia o no de implantar un CE.

La conveniencia o no, se expresa a través de una escala de colores donde:

- Verde: implica la NO CONVENIENCIA de implantar un CE incluso para Niveles de Servicio E y F debido a la baja DMBM que produce síndrome de carril vacío.
- Amarillo: Implica que debe tomarse en cuenta la CONVENIENCIA de la implantación de un CE debido a que la velocidad media de marcha (VMM) en el servicio de TP puede decaer hasta un 70% de la velocidad de flujo libre para vías de nivel III y 67% vías tipo IV según HCM2000, especialmente en horas pico.
- Rojo: implica que la implantación de un CE es NECESARIO debido a que la velocidad media de marcha (VMM) en el servicio de TP es altamente probable que decaiga en valores iguales o mayores a 70% de la velocidad de flujo libre para vías de nivel III y 67% vías tipo IV según HCM2000, incluso más allá de los límites de hora pico.

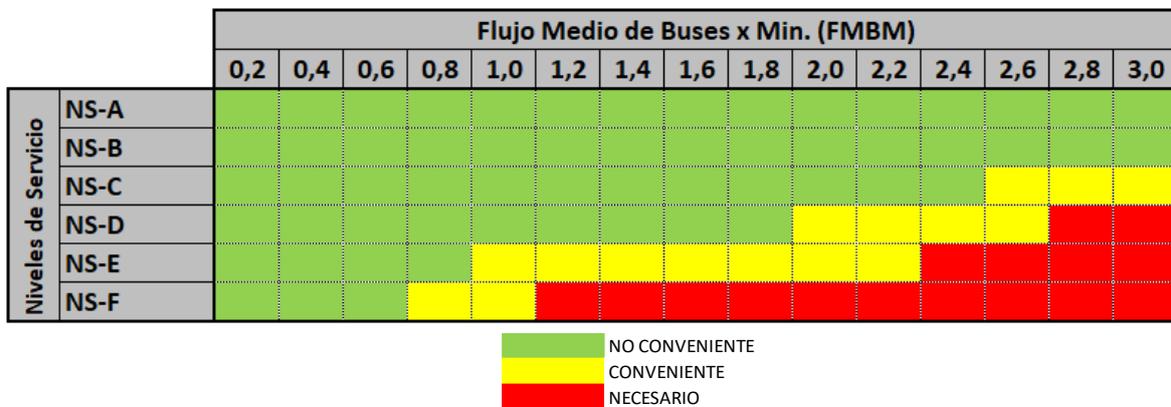


Figura 32 – Método de criterio de conveniencia de implantación de CE.

Fuente: elaboración propia

7. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EXCLUSIVA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN DIFERENTES NIVELES DE INTERVENCIÓN

Los estudios básicos y el ábaco de viabilidad propuestos forman parte de un proceso metodológico de selección de la infraestructura adecuada de segregación del transporte público con la finalidad de mejorar las condiciones operacionales en la prestación del servicio. A continuación, en la Figura 4 se propone un diagrama de flujos metodológico que permite seguir el proceso de selección de proyectos de desagregación del TP, como se observa, cuenta de cinco etapas básicas:

² Una descripción básica de los Niveles de Servicios según HCM2000 puede resumirse como: Nivel de Servicio A: operación principalmente de flujo libre. Nivel de Servicio B: describe una operación razonablemente sin impedimentos. Nivel de Servicio C: describe una operación estable. Nivel de Servicio D: indica una condición menos estable en la que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. Nivel de Servicio E: se caracteriza por una operación inestable y demora significativa. Nivel de Servicio F: se caracteriza por un flujo a muy baja velocidad.

- Etapa 1: una vez expuesta la problemática de pérdida de velocidad comercial en el TP, deben iniciarse los procesos de estudios de campo y análisis de datos generales de prestación del servicio con la finalidad de identificar los tramos o corredores problemáticos en cuanto al tema de pérdida de VMM.
- Etapa 2: identificados los tramos problemáticos, debe procederse a la caracterización básica del tránsito mediante estudios de volúmenes, capacidades y niveles de servicio.
- Etapa 3: esta etapa es coyuntural dado que permite decidir sobre la viabilidad operativa de planificación de una segregación en el tramo problemático. Si por el método de la Tabla 3 se determina la no conveniencia de la segregación, se finaliza el análisis debiendo buscarse soluciones diferentes a la segregación del servicio. Si el método de dicha tabla arroja la conveniencia de segregación se prosigue con el proceso.
- Etapa 4: en esta fase debe definirse o decidirse la tipología o nivel de intervención posibles en función de las dimensiones de la zona de camino (entre líneas de edificación). La tipología de Metrobús no puede ejecutarse para anchos menores a los 30 m, quedando como alternativa para estos casos los carriles exclusivos.
- Etapa 5: en esta etapa deben completarse los estudios de base planteados para cada nivel de intervención a fin de generar un proyecto técnicamente robusto al momento de finalizar la etapa de planeamiento.

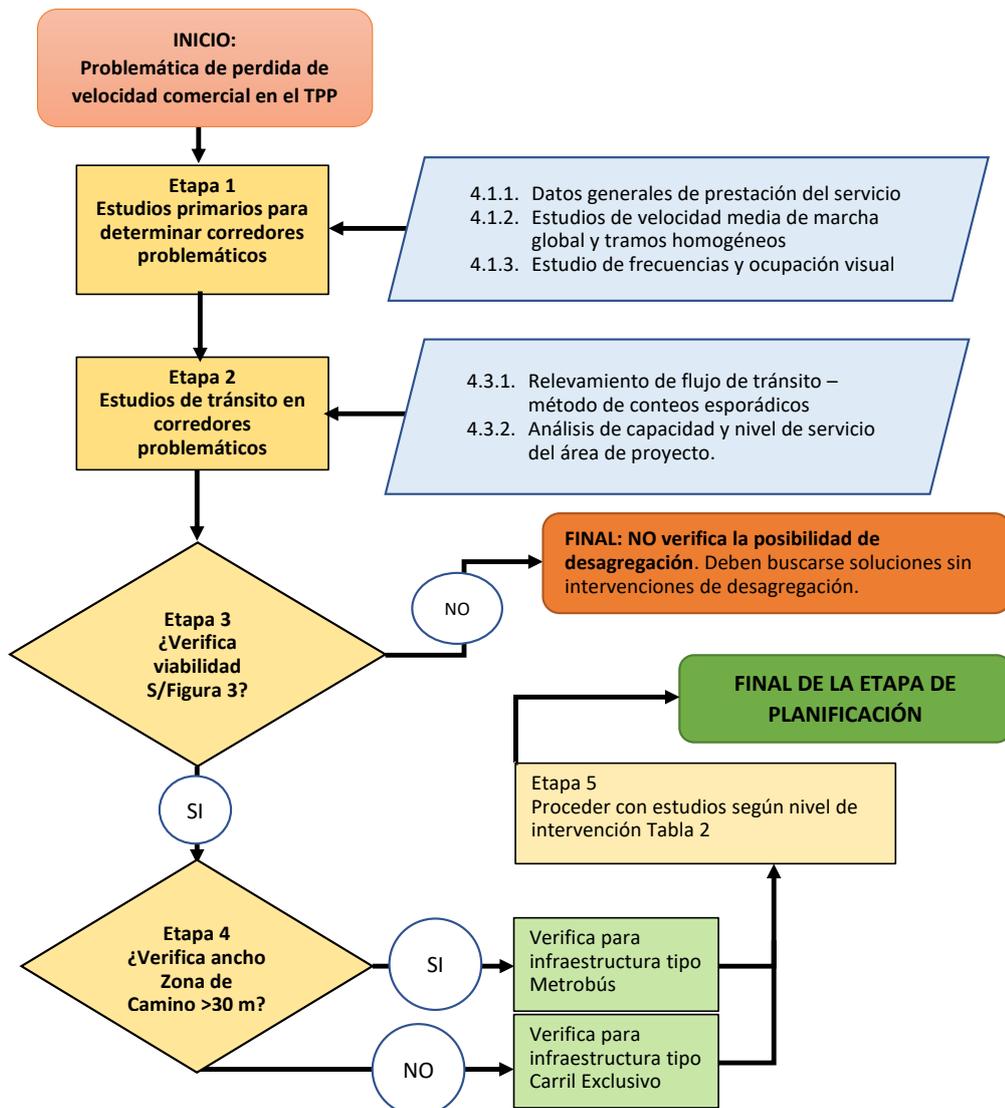


Figura 33 – Diagrama de flujo metodológico propuesto. Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIÓN

El trabajo anteriormente expuesto, enmarcado en el PID de Investigación TVUTNFE0005348 “Desarrollo de una metodología para la implementación de sistemas de carriles exclusivos para el transporte público de pasajeros”, pudo cumplir con el objetivo de proponer una guía metodológica para el proceso de selección de infraestructura de segregación del TP en tramos o corredores problemáticos mediante una batería de estudios básicos, criterios de conveniencias y proceso de etapas críticas que permitirán a una administración municipal planificar las intervenciones en el marco de procesos de mejoramientos de las condiciones de prestación de los servicios de transporte público por colectivos en ciudades de tamaño medio, como el caso de la ciudad de Santa Fe. Este trabajo, también aporta al medio siendo una guía de procesos sencillos y prácticos alcanzables por cualquier equipo técnico de municipios de tamaño medio donde habitualmente se carece de especialistas. Por último, es importante destacar el aporte a la formación y perfeccionamiento de los docentes investigadores y becarios alumnos que han colaborado en la realización de este.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rojas, E.; Cuadrado Roura J.; Fernández, Güell J. (2006). *Gobernar las Metrópolis*. Washington DC (USA). Banco Interamericano de Desarrollo
- [2] Navazo, M. (2006). *La congestión vial: ¿ problema o solución ?*. Sabadell (España). Edición N°34. Boleín CF+S. Universidad Politecnica de Madrid.
- [3] Lerner, J. (2003). *Acupuntura urbana*. Rio de Janeiro: Record.
<https://puexplora.files.wordpress.com/2011/03/acupuntura-urbana-jaime-lerner.pdf>.
- [4] Navazo Lafuente, M.. (2007). *La Congestió viària i la mobilitat sostenible*. Barcelona (españa). Vol. N° 64, pp. 193–204. Treballs la Soc. Catalana Geografia.
- [5] Scholl, L.; Guerrero, A.; Quintanilla, O.; Celse L’Hoste, M. (2013). *Approach paper: Comparative case studies: IDB supported urban transport projects*. Washington DC (USA). Banco Interamericano de Desarrollo
- [6] Bigas, J. M., Zamorano, C.; Sastre, J. (2007). *Transporte público y espacio urbano: un manual para el diseño*. Madrid (España). Col. Ing. Caminos, Canales y Puertos.
- [7] Instituto Provincial de estadísticas y Censos de la Provincia de Santa Fe (IPEC). Online.
<http://www.estadisticasantafe.gob.ar/tema/poblacion>.
- [8] Gobierno de la Ciudad de Santa Fe; Bolsa de Comercio de Santa Fe. *Santa Fe Cómo Vamos: Informes Anuales*. Santa Fe (Argentina). online.
<https://www.bcsf.com.ar/ces/publicaciones-anuales-santa-fe-como-vamos.php>.
- [9] Universidad Tecnologica Nacional Facultad Regional Santa Fe. *CETRAM - UTN Facultad Regional Santa Fe*. online <https://www.frsf.utn.edu.ar/investigacion-y-vinculacion/investigacion-y-vinculacion/centros-y-grupos/cetram>.
- [10] Board, Transportation Research. (2000). *Highway Capacity Manual* . Washington, D.C. (USA). Comité Ejecutivo TRB. highway Capacity Manual 2000.

Implementación del plan de mantenimiento en una maquiladora para mejorar la confiabilidad del mantenimiento

M.E.S. Ruiz Chávez Nancy Roxana, M.Sc.A. Ibáñez Juárez Carlos Roberto, Mora García Mariana

Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
carlos.ibanez@correo.buap.mx , nroxana.ruiz@correo.buap.mx

RESUMEN

En este artículo se exponen la metodología y los resultados de la elaboración e implementación de un plan de mantenimiento para la maquinaria Overlock de la maquiladora Vista Hermosa, como parte de un proyecto de colaboración y de asesoría. Esta es una empresa dedicada al ramo textil donde se maquilan blusas, tiene la responsabilidad de confeccionar alrededor de 7500 piezas semanales para dos de sus principales clientes, que representan el 70% de su producción. Para poder cumplir esta meta en tiempo y forma, es crucial que la maquinaria de la planta se encuentre en las mejores condiciones, se requiere que su mantenimiento preventivo y predictivo sean muy eficientes y que le permitan a los equipos tener la confiabilidad en su funcionamiento porque de lo contrario, el nivel de producción de Vista Hermosa se vería afectado trayendo como consecuencia clientes insatisfechos, retrasos en entregas y un sobre costo por el pago de tiempos extras y adicionales que se generan por dichos inconvenientes. Es por esta razón que contar con un plan de mantenimiento efectivo para el equipo de Vista Hermosa es importante, puesto que esto significa una disminución en la probabilidad de que ocurran fallas en la maquinaria, aplicando metodologías de Calidad como PDCA de Deming, se identifican las áreas de oportunidad que representan los tiempos de paro de la máquina, y a partir de análisis con herramientas básicas como Ishikawa y Pareto se detectan los paros que ocasionan el porcentaje mayor y a partir de lo anterior, se genera un plan de acciones correctivas que permite reducir el tiempo de paro y se evalúa con los índices principales de mantenimiento, además de modelos estadísticos para determinar la predicción entre los tiempos de falla.

Palabras Claves: Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Mantenimiento preventivo.

ABSTRACT

This article presents the methodology and results of the elaboration and implementation of a maintenance plan for the Overlock machinery from Vista Hermosa Co. This project is a collaboration with them and the University. The company has been worked in textile industry when they manufactured clothing. They produced around 7,500 pieces per week for his principals' clients, they represented 70% of all sales. For this target is very important the efficiency in the equipment, and avoid stops and repair in production shift. They try to improve with maintenance in preventive and predictive areas. With this technique the equipment reaches the reliability in its operation. Vista Hermosa don't want a complaint with the clients for deliveries and extra payments for overtime. With a maintenance program the effectiveness increases the reliability in equipment and his probability the failure is down and the occurrence. Applying Quality methodologies such as Deming's PDCA, represents an opportunity for improve, in this study the index of maintenance are expressed in order to understand the advantages of this methodology even using Pareto and Ishikawa diagrams. For calculated the life of the spare parts we used and statistical tools for analysis as well as statistical models to determine the prediction between failure times.

Keywords: Availability, Maintainability, Preventive Maintenance, Reliability.

1. INTRODUCCION

Vista Hermosa es una empresa que se dedica a maquilar blusas. Tiene la responsabilidad de confeccionar alrededor de 7500 piezas semanales para dos de sus principales clientes: TZ FASHIONS y Vertiche. Para poder cumplir esta meta en tiempo y forma, es crucial que la maquinaria de la planta se encuentre en las mejores condiciones, de lo contrario, el nivel de producción de Vista Hermosa se vería afectado trayendo como consecuencia clientes insatisfechos. Es por esta razón que contar con un plan de mantenimiento efectivo para el equipo de Vista Hermosa es importante, puesto que esto significa una disminución en la probabilidad de que ocurran fallas en la maquinaria. En la primera visita se pudo observar que la planta no contaba con un plan de mantenimiento, por lo que la probabilidad de que ocurriera algún percance era latente, además de que los paros por mantenimiento no programado afectaban el nivel de producción de la planta, ya que eran los operarios quienes realizaban las intervenciones en la maquinaria y, al no estar capacitados adecuadamente, el tiempo de reparación era mayor al deseado.

1.1. Objetivo.

Reducir la frecuencia semanal del rompimiento de agujas de un promedio de 8 a 5, así como también analizar su impacto en indicadores como confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en los equipos Overlock de una empresa textil.

2. DESARROLLO.

Los indicadores que se utilizan para la realización de este proyecto se relacionan con los porcentajes de índices de eficiencias de los paros por mantenimiento, y máquinas con índices de tiempos de paro más alto dentro de la producción y fabricación de textiles, con estas recolecciones de datos realizadas a partir de las hojas de verificación tendremos las variables continuas para realizar el análisis de las máquinas con mayor % de falla. Las herramientas básicas de la calidad nos permiten que a través de la metodología de Mejora Continua se puedan solucionar problemas tomando como base el Planear -Hacer -Verificar -Actuar (Círculo de Deming), de manera que se toma en cuenta que todo es mejorable a partir de la medición [1]. A continuación, se presentan las herramientas utilizadas durante el presente trabajo.

2.1 Hojas de verificación

La hoja de verificación se construyó con base a los diferentes tipos de máquinas, horas de paro de las máquinas y principales fallas que se presentan durante sus horas de trabajo, estas son formatos que los trabajadores durante su turno van llenando y como parte del trabajo se implementaron para la recolección de datos. Para la realización de este proyecto se recolectaron los datos a través de visitas en sitio con la gente responsable de la planta, recolectándose la información general de los procesos de fabricación en hojas de verificación encontrándose tiempos, de trabajo, horas paro, % de defectos como indicadores de calidad y siendo las siguientes máquinas las principales:

- Máquina Overlock
- Máquina recta
- Máquina Cover.

2.2 Diagrama de Pareto.

Teniendo en cuenta que se estudian 3 máquinas, procedemos a realizar el diagrama de Pareto el cual es también conocido como la regla del 80-20, presenta el concepto de que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias son el resultado del 20% de las causas [2] Esto puede ser muy útil para tratar no conformidades, identificar puntos de mejora y definir qué planes de acción deben ser atacados primero en lo que se refiere a la prioridad. Teniendo en cuenta lo que representa el diagrama de Pareto y en esta parte se analizan las diferentes fallas y cuál es su impacto en la productividad de las líneas de producción, tenemos los porcentajes de las principales fallas.

La información obtenida es a partir de la experiencia y conocimiento de los expertos, técnicos y personal involucrado con el día a día en la operación, Pareto consideraba la importancia de separar los pocos vitales de los muchos triviales [3]. Durante las principales fallas y su identificación se utiliza un diagrama causa-efecto, de esta manera, se infiere que las causas principales son la falta de la aplicación de un plan de mantenimiento Y las fallas en la maquinaria que se presentan frecuentemente:

- Goteo de aceite
- Rompimiento de agujas
- Sobre calentamiento de la máquina

- Rotura de hilo
- Puntadas perdidas

La primera etapa del proceso consistió en identificar las máquinas críticas y la falla que en ésta se presentaba con mayor frecuencia. La metodología empleada fue el ciclo PDCA [4] y se reconsidera las aplicaciones de 6 sigma para mejorar los índices de eficiencia y su identificación a través de indicadores [5], los resultados obtenidos señalaron que la máquina crítica es la máquina Overlock y que la falla principal de este equipo es el rompimiento de agujas, este resultado se resume en el diagrama de Pareto que a continuación se muestra.

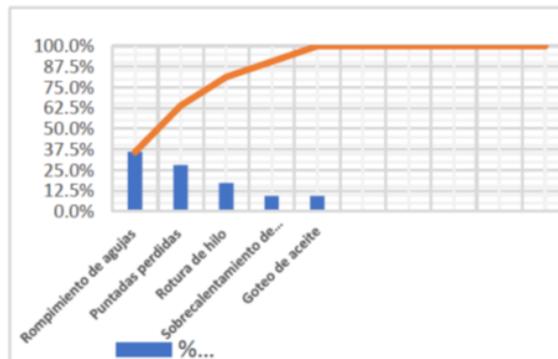


Figura 1 Diagrama de Pareto de fallas

2.3 Diagrama de Ishikawa.

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso. Creado en la década de 60, por Kaoru Ishikawa, el diagrama tiene en cuenta todos los aspectos que pueden haber llevado a la ocurrencia del problema, de esa forma, al utilizarlo, las posibilidades de que algún detalle sea olvidado disminuyen considerablemente. En la metodología, todo problema tiene causas específicas, y esas causas deben ser analizadas y probadas, una a una, a fin de comprobar cuál de ellas está realmente causando el efecto (problema) que se quiere eliminar. Eliminado las causas, se elimina el problema [6]. En este caso, lo utilizaremos para analizar y entender las posibles causas de por qué el rompimiento de agujas se presenta en un 37.5% del total de fallas y dar posibles soluciones a esta problemática. De acuerdo con el análisis del diagrama se concluye que las causas principales por el rompimiento de agujas es la falta de un plan de mantenimiento y la acumulación de pelusa en los compartimentos de la máquina Overlock.

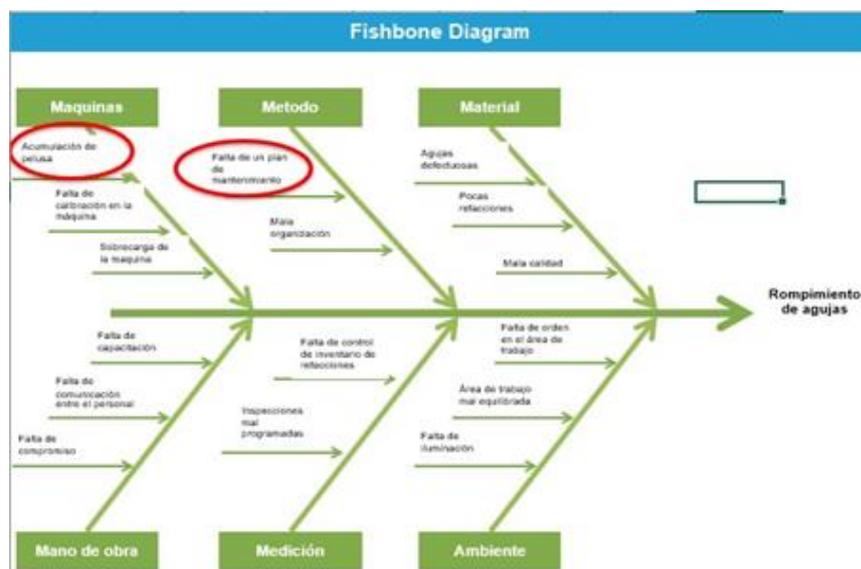


Figura 2 Diagrama de causa-efecto

2.3 Lluvia de ideas.

La Lluvia de Ideas (Brainstorming) es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta creada en el año 1941 por Alex Osborne [7], cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado de "lluvia de ideas" que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente. Se deberá utilizar la Lluvia de Ideas cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos.
- Generar un número extenso de ideas.
- Involucrar a todos en el proceso.
- Identificar oportunidades para mejorar

Las primeras propuestas de solución, que a grandes rasgos consistían en designar a un par de personas que se encargaran de realizar las revisiones y reparaciones de la maquinaria, se establecieron en un AMEF que se elaboró para cada uno de los componentes principales de la máquina Overlock, además este reafirmó que el principal problema de dicha máquina es el rompimiento de agujas generado por la falta de limpieza. Las actividades anteriores fueron la base para diseñar un plan de mantenimiento cuyo objetivo principal fuera disminuir el problema más frecuente de la maquinaria, es decir, reducir el número de rompimiento de agujas en la máquina Overlock [8]. Esto corresponde a la segunda etapa del proceso.

Puesto que la planta no es muy grande, no era viable crear un departamento de mantenimiento ya que esto implicaba la contratación de personal altamente capacitado que exigía una considerable remuneración. Debido a esto, la elaboración del plan de mantenimiento se basó en la capacitación de los operarios para que realizaran las actividades básicas de mantenimiento de manera adecuada, así como también en la concientización sobre la importancia que tiene el mantenimiento en el nivel de producción de la empresa.

De acuerdo con lo anterior, uno de los aspectos más importantes que debe contener el plan de mantenimiento son los componentes principales de la máquina Overlock, esto para que el operario conozca mejor su equipo de trabajo.

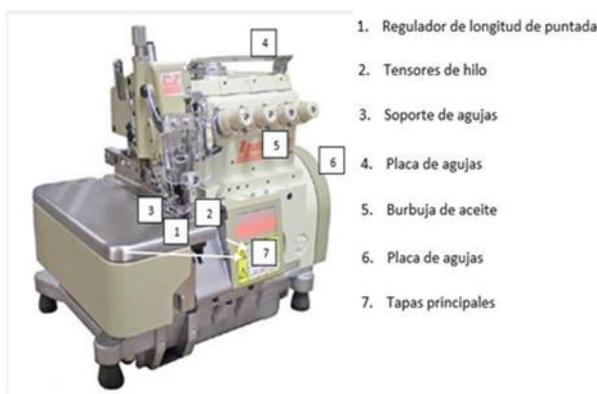


Figura 3 Partes principales de máquina Overlock

La gerencia considera que entre los planes de mantenimiento que se generan a partir del análisis y como propuesta para mejorar la confiabilidad de los equipos se tiene las siguientes consideraciones:

- Realizar las revisiones e intervenciones básicas a la maquinaria de acuerdo con el procedimiento establecido en el plan de mantenimiento.
- Llevar un control de cada una de dichas intervenciones y revisiones (operadores).
- Realizar un registro de dichas acciones.
- Intervenir los equipos cuando se presente una falla que el operario no pueda resolver (gerente de planta).

El registro de las revisiones, de los rompimientos de aguja y de las intervenciones de la maquinaria se hizo mediante una macro elaborada en Access. En cuanto a los programas de mantenimiento que forman parte del plan, es claro que el que más impacto tiene en el objetivo deseado es el que hace referencia a la limpieza de la maquinaria para evitar que el rompimiento de agujas, este programa se muestra a continuación:

Programa de limpieza de la máquina Overlock

El procedimiento aquí mostrado se llevará a cabo diariamente al final de la jornada laboral por los empleados que operen en una de las máquinas Overlock de la planta. Es importante que antes de realizar dicha limpieza la máquina esté apagada, esto con la finalidad de preservar la seguridad de los operadores.

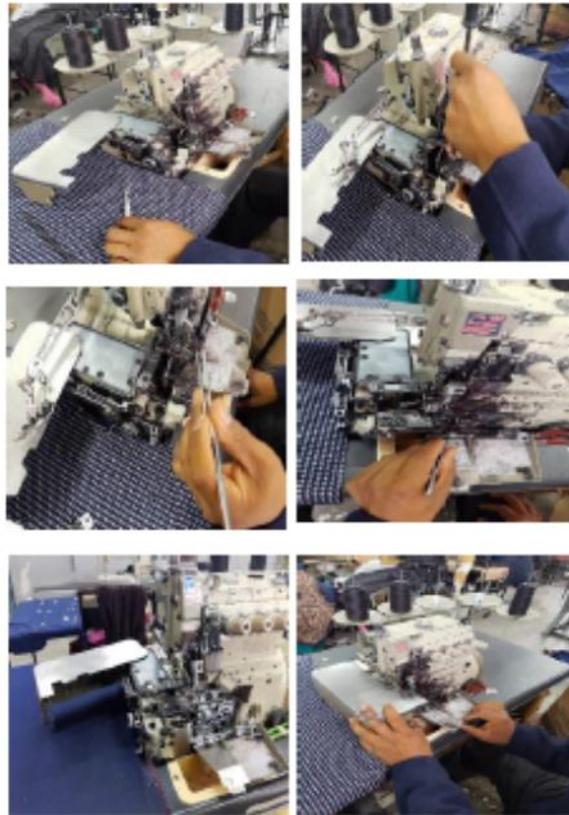


Figura 4 Etapas de mantenimiento en máquinas Overlock

El procedimiento de mantenimiento para la mejora se muestra a continuación en los siguientes pasos:

1. Retirar la tapa de la máquina, esta se señala en el punto siete de la figura 3.
2. Con ayuda de un desarmador, retirar la placa de la aguja.
3. Quitar la pelusa y/o trozos de tela pequeños que estén atrapados en los compartimientos de la maquinaria con una pinza y, de ser necesario, utilizar una brocha.
4. Colocar nuevamente la placa de aguja.
5. Cerrar las tapas de la máquina.

3. RESULTADOS

Con el objetivo de determinar cuál es el impacto del plan de mantenimiento explicado brevemente, se calcularon los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y fiabilidad, por lo que es importante recordar cómo se definen y la expresión matemática utilizada para su obtención.

Confiabilidad (R). Probabilidad de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica durante un periodo de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. La definición matemática de la confiabilidad es:

$$R = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} * 100 \quad (1)$$

$$MTBF = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\text{No.de fallas x período}} * 100 \quad (2)$$

$$MTTR = \frac{\text{Horas de Paro}}{\text{No.de fallas x período.}} * 100 \quad (3)$$

Disponibilidad (D). Es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. La expresión utilizada para el cálculo de este indicador es:

$$D = \frac{\text{Hrs.totales}-\text{Hrs.Paró/mantto.}}{\text{Hrs.totales}} * 100 \quad (4)$$

Mantenibilidad M(t). Es la probabilidad de que un dispositivo equipo o sistema sea restaurado completamente a su estado operacional dentro de un periodo de tiempo dado, de acuerdo con los criterios de funcionamiento y procedimientos de reparación:

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total de Inactividad}}{\text{Número de Fallas.}} \quad (5)$$

$$\mu = \frac{\text{No.de Reparaciones}}{\text{Tiempo total de reparaciones}} \quad (6)$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu * TMPR} * 100 \quad (7)$$

El plan de mantenimiento se aplicó durante dos semanas, los rompimientos de agujas presentados durante ese periodo se muestran en las siguientes tablas. Con el fin de realizar el análisis del impacto que tuvo la aplicación del plan de mantenimiento elaborado se muestran además los datos del rompimiento de agujas de dos semanas sin la aplicación del plan.

Tabla 20 Resultados sin plan de mantenimiento.

<i>Día</i>	L	Ma	Mi	J	V	S
Número de rompimiento	2	1	1	1	2	1

En la Tabla 2, se muestra la efectividad de realizar mantenimiento y el impacto que se tuvo en la reducción de rompimiento de agujas y reducción de paro por parte de la máquina durante la semana 7.

Tabla 21 Resultados con plan de mantenimiento

<i>Día</i>	L	Ma	Mi	J	V	S
Número de rompimiento	1	0	1	1	1	1

Es posible apreciar la disminución del rompimiento de agujas durante el periodo de aplicación del plan de mantenimiento de un promedio de 8 a 4 rompimientos. Es importante mencionar, además, que hubo una disminución en el tiempo de limpieza de la máquina Overlock de 7 a 5 minutos. Por otro lado, el tiempo de paro o de reparación corresponde al tiempo que el operario tardaba en cambiar una aguja, éste permaneció sin cambio durante el periodo de evaluación y fue de 5 minutos.

Con el fin de verificar cuál es el impacto que tuvo la aplicación del plan de mantenimiento en Vista Hermosa, se calculan los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad antes y después de la aplicación de éste. Es conveniente mencionar que la planta no contaba con indicadores al inicio, sin embargo, los datos proporcionados por la empresa son suficientes para poder realizar el cálculo.

El periodo de prueba considerado corresponde al de 1 semana de trabajo, que corresponde a un total de 52.25 horas, para esto, se obtuvo un promedio de las dos semanas de registro ya mostradas en el apartado anterior, es necesario aclarar que la limpieza de la maquinaria antes de la aplicación del plan de mantenimiento se realizaba un promedio de dos veces por semana además de que se ocupaba parte de la jornada laboral para realizarlo, mientras que durante la aplicación del plan de mantenimiento se realizó diariamente y al término de la jornada de trabajo.

Indicadores de Mejora basados en confiabilidad antes y después de la mejora:

Tabla 22 Indicadores de la Mejora Continua

<i>Indicador</i>	Antes	Después
<i>R</i>	93.74%	99.20%
<i>M(t)</i>	77.69%	90.93%
<i>D</i>	99.10%	100%

4. CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados se concluye que la implementación del plan de mantenimiento ayudó a reducir el número de rompimiento de agujas de un promedio de 8 a 5. La aplicación del conocimiento adquirido durante el curso de Mantenimiento Industrial se ve reflejado en los resultados. El futuro de este plan de mantenimiento consiste en una ampliación a todos los componentes de las máquinas Overlock's y a los demás equipos del proceso de fabricación, con esto se pretende también disminuir el tiempo de reparación de la maquinaria con técnicas como ayudas visuales para facilitar a los operadores su trabajo y que permita mejorar la productividad. El desarrollo de herramientas de calidad en la solución de problemas en otras áreas nos da una visión más amplia de sus aplicaciones y que basados en metodologías simples una mejora importante para mejorar la competitividad en las pequeñas empresas.

5. REFERENCIAS.

- [1] Cantú Delgado, H. (2013). Desarrollo de una cultura de calidad. México: Mc Graw-Hill.
- [2] Abramowich, E. (2005). Six Sigma for growth. Singapore: John Wiley & Sons.
- [3] Blanco, M. E. (2016). Imagen Digital. México: Obtenido de Atracción 360.
- [4] Gutiérrez Pulido, H. (2014). Calidad y Productividad. México: Mc Graw-Hill.
- [5] Ill, F. W. (2003). Implementing Six Sigma. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Ishikawa, K. (1989). Introducción al Control de la Calidad. México: Díaz de Santos.
- [7] Escalante, E (2006). Análisis y mejoramiento de la calidad. México. LIMUSA.
- [8] Gómez de León F. (1998). Tecnología del mantenimiento Industrial. Murcia. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.

Agradecimientos

Los autores que realizamos el presente artículo declaramos que este trabajo fue desarrollo como parte de la Línea de Investigación “Mejora Continua aplicada a las cadenas productivas” registrada en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a quien agradecemos por su apoyo para el desarrollo de esta investigación.

Análisis de la Cadena de Valor Alimentaria de Menú Saludable Elaborado en Planta Piloto de Fica-Unsl Mediante Procesos Sustentables y con Materias Primas Regionales

Nuñez, Sonia Carolina^{1 *}; Grzona, Liliana Myriam²; Montenegro, María Margarita³; Soterias, Edgar Mario⁴; Díaz, Jorge⁵

^{1,2,3,4}Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de San Luis.
scnunez@unsl.edu.ar

⁵Facultad de Ciencias Económicas Jurídicas y Sociales, Universidad Nacional de San Luis

RESUMEN

El mercado de alimentos está experimentando fuertes desafíos para brindar propuestas saludables, nutritivas, sostenibles y amigables con el consumidor. Uno de los postulados del desarrollo sostenible es "hambre cero" y bajo ese desafío es que un grupo de investigadores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA) de la Universidad Nacional de San Luis ha estado realizando investigación y desarrollo. Otro de los postulados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible es "energía asequible y no contaminante", entonces, bajo estos criterios es que en la planta piloto de la FICA se ha trabajado en la producción de un menú saludable realizado en un proceso productivo que cuenta con un horno deshidratador solar. El desarrollo de este menú saludable, no sólo responde a la inquietud de encontrar una alternativa para el sistema de alimentación de familias con diferentes características, sino que se propone producirlo con materia prima que no tiene destino en el mercado minorista, realizando de esta forma un aprovechamiento de la misma, además mediante un proceso productivo sustentable. En el presente trabajo, se muestra un análisis de la cadena de valor del menú saludable de FICA, identificando cada una de las actividades primarias y las actividades de apoyo. También, se realiza la identificación de las ventajas competitivas que tiene la mencionada cadena de valor.

Palabras Claves: proceso sustentable, alimento saludable, cadena de valor

ABSTRACT

The food market is experiencing strong challenges to provide healthy, nutritious, sustainable and consumer-friendly options. One of the postulates of sustainable development is "zero hunger" and under this challenge is that a group of researchers from the Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA) of the National University of San Luis has been conducting research and development. Another of the postulates in/of the Sustainable Development Goals is "affordable and non-polluting energy", then, under these criteria is that the FICA pilot plant has worked on the production of a healthy menu carried out in a production process with a solar dehydrator oven. The development of this healthy menu not only responds to the concern of finding an alternative for the food system of families with different requirements, but also aims to produce it with raw materials that are not destined for the retail market, thus making a use of it; and also with a sustainable production process. In this work, an analysis of the value chain of the healthy menu of FICA is presented, identifying each of the primary activities and the support activities. In addition, the competitive advantages of the aforementioned value chain are also identified.

Keywords: sustainable process, healthy food, value chain

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII [ir](#)

Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en una empresa distribuidora de productos metalúrgicos de la ciudad de Mar del Plata

Berardi, María Betina*; Zárate, Claudia; Esteban, Alejandra

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302 - B7608FDQ Mar del Plata. bberardi@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad, las organizaciones buscan aumentar sus ventajas competitivas para adaptarse a los continuos cambios del entorno. En ese sentido y en particular para los almacenes, la búsqueda de un aumento en el servicio al cliente ha pasado a ser fundamental para crear y mantener dichas ventajas competitivas. En el presente trabajo se estudia la aplicación de *Value Stream Mapping* (VSM) al almacén de una empresa distribuidora de productos metalúrgicos tales como caños, ángulos, planchuelas, macizos, entre otros, con objeto de aumentar la eficiencia de sus operaciones. El VSM o Mapeo de Cadena de Valor es una herramienta de *Lean Manufacturing* que permite la detección de oportunidades de mejora en una organización. Es una herramienta gráfica que, a través del relevamiento del flujo de materiales e información de un proceso, identifica aquellas que no agregan valor al mismo. Su aplicación se realiza sobre los procesos involucrados en el ingreso de los materiales – recepción y localización de ítems- y en la salida de los mismos – ingreso de pedido, preparación, facturación y despacho. La identificación de los desperdicios y la consecuente propuesta de mejora resulta en una revisión de los procesos que se ejecutan en distintos sectores de la organización, tales como la gestión con los proveedores, la gestión de los inventarios, la gestión del almacén y el proceso de atención al cliente. Se proponen indicadores que permitan verificar la mejora y que además proporcionen al gerente del almacén una forma directa de observar y corregir las desviaciones del plan de mejoras. Se espera que la propuesta le brinde a la empresa beneficios organizacionales y económicos.

Palabras Clave: Value Stream Mapping, Lean Manufacturing, Almacén, Valor, Mejora.

ABSTRACT

Today, organizations seek to increase their competitive advantages to adapt to the continuous changes in the environment. In this sense, and in particular for warehouses, the search for an increase in customer service has become essential to create and maintain these competitive advantages. This paper studies the application of Value Stream Mapping (VSM) to the warehouse of a distributor of metallurgical products such as pipes, angles, plates, solid, among others, in order to increase the efficiency of its operations. The VSM or Value Chain Mapping is a Lean Manufacturing tool that allows the detection of improvement opportunities in an organization. It is a graphic tool that, through the survey of the flow of materials and information of a process, identifies those that do not add value to it. Its application is carried out on the processes involved in the entry of materials - reception and location of items - and in the exit of them - order entry, preparation, billing and dispatch. The identification of waste and the consequent proposal for improvement results in a review of the processes that are executed in different sectors of the organization, such as management with suppliers, inventory management, warehouse management and the process of Customer Support. Indicators are proposed that allow the improvement to be verified and that also provide the warehouse manager with a direct way of observing and correcting deviations from the improvement plan. The proposal is expected to provide the company with organizational and financial benefits.

Keywords: Value Stream Mapping, Lean Manufacturing, Warehouse, Value, Improvement.

1. INTRODUCCIÓN

En el entorno globalizado actual, las empresas que pretenden ser competitivas tienen la necesidad urgente de cambiar la forma tradicional de gestión, optimizar los procesos y reducir los desperdicios de tiempo, costo y espacio que se generan dentro de los mismos [1].

Por este motivo, muchas organizaciones requieren identificar la cadena de valor en cada uno de sus procesos. Se debe tener en cuenta que la cadena de valor se define como aquellas actividades que le dan un valor agregado al cliente y que involucra todo el camino que debe seguir el producto desde la recepción del pedido hasta la entrega al cliente final [2].

El *Lean Manufacturing*, o también llamado *Lean Production*, es un método de organización del trabajo que se centra en la Mejora Continua y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso. Su objetivo fundamental es el de minimizar las pérdidas que se producen en cualquier proceso, y en utilizar solo aquellos recursos que sean imprescindibles [3].

Así, eliminando el desperdicio o despilfarro se mejora la calidad y se reducen el tiempo de operación y los costos. Las herramientas de *Lean Manufacturing* son múltiples y constituyen su “arquitectura” como puede observarse en la figura 1.

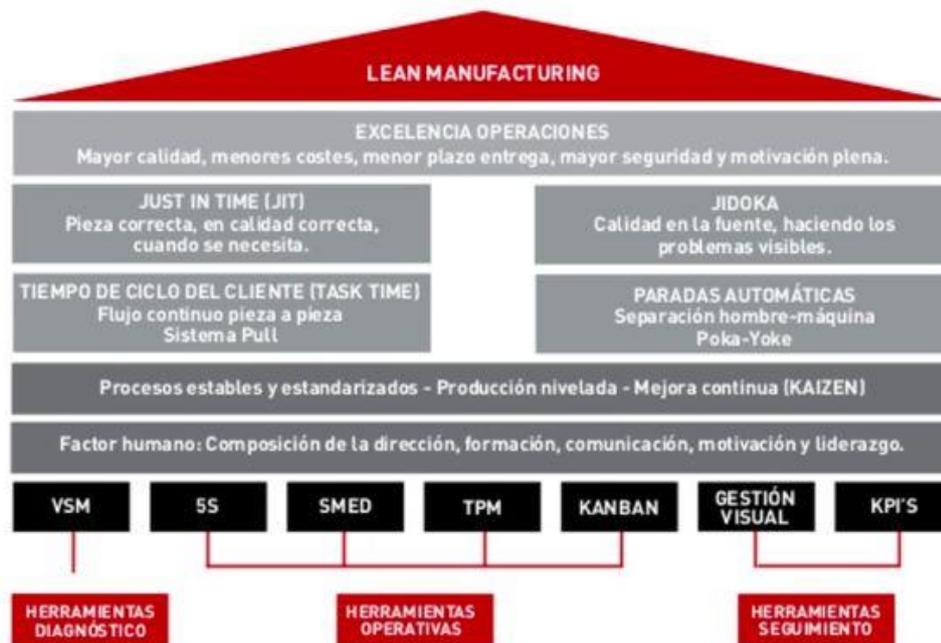


Figura 1 Herramientas Lean Manufacturing

Una de las herramientas más importantes de *Lean Manufacturing* es el método 5s. Se utiliza generalmente para optimizar las condiciones de cada puesto de trabajo, aplicando para ello las palabras japonesas SEIRI: Selección u Clasificación, SEITON: Orden; SEISO: Limpieza; SEIKETSU: Estandarización; SHITSUKE: Seguir estándares. Consiste en eliminar todo aquello que el operario no necesita en su zona de trabajo, evitando así pérdidas de tiempo a la hora de buscar herramientas. [4]

La herramienta Kanban es un sistema que permite encontrar el punto de equilibrio óptimo en el proceso de producción entre proveedores y clientes. Se basa en el re-aprovisionamiento mediante señales que avisan en el momento en el que se necesita mayor cantidad de materiales o insumos.

El *Takt Time* es también una herramienta *Lean*, y se refiere al ritmo productivo al que una compañía debe producir en función de cuál sea la demanda del cliente. Se trata de un sistema simple e intuitivo, que permite ajustar el ritmo de producción para cumplir con los plazos de entrega.

El Mapa de Flujo de Valor o *Value Stream Mapping* (VSM), también es herramienta *Lean*, permite obtener una representación gráfica y visual de todos los procesos y los flujos de materiales e información que tienen lugar en la planta. Con esta visualización en un mapa de los puntos críticos y de mayor valor para la organización se hace posible también identificar los principales focos de problemas y pérdidas de tiempo, recursos o materiales. Pero, a la vez que se visualizan claramente los problemas, VSM también facilita vislumbrar las soluciones a estas barreras para la eficiencia y productividad. Los pasos para realizarlo son:

- Identificar la familia de productos a dibujar.
- Dibujar el estado actual del proceso identificando los inventarios entre operaciones, flujo de material e información.
- Analizar la visión sobre cómo debe ser el estado futuro.

- Dibujar el VSM futuro.

El VSM es una herramienta dentro del sistema de gestión Lean, muy potente y flexible y que ha demostrado ser clave en el logro de la eficiencia organizacional dentro de un modelo de mejora continua [5].

En la gestión Lean es importante conocer cuáles son los procesos que no aportan valor para poder eliminarlos y establecer acciones de mejora en los procesos que si están aportando valor y que son por los que el cliente realmente paga. Un proceso agrega valor cuando al producir un bien o dar un servicio, el cliente paga por este proceso. Si en un proceso se consumen más recursos de los necesarios entonces existe despilfarro y por este despilfarro, el cliente no nos paga.

Para esto se pueden determinar las 7 pérdidas o MUDA que fueron aplicados inicialmente por el ingeniero jefe de Toyota, el japonés Taiichi Ohno [6]. MUDA proviene de una palabra japonesa que significa despilfarro, superfluo, residuo, inutilidad, ociosidad. Las 7 pérdidas o MUDA son:

- Sobreproducción: es producir más de lo que el cliente o el siguiente proceso necesita. La sobreproducción conduce a exceso de inventario que requiere un gasto extra de recursos que no beneficia a los clientes.
- Producir piezas defectuosas: productos defectuosos son productos que no cumplen los requerimientos (internos o externos) del cliente y además genera costos adicionales por necesidad de repetir la producción.
- Transporte de material: entendiendo el transporte de material como conducción del mismo, puede significar múltiple manejo y organización del material. Toda conducción es una actividad que no tiene valor añadido. Además, cada vez que se mueve el producto hay riesgos de que se dañe, se pierda o provoque interferencias en los procesos.
- Inventario: tanto de producto terminado como de semielaborados. Representa un capital que aún no ha producido un ingreso. El inventario que está estancado o no lo tiene el cliente tiene que ser eliminado.
- Sobreproceso: se trata de añadir pasos innecesarios en las actividades de trabajo y no requeridos por el cliente.
- Retrasos - esperas: todos los productos o bienes que no están transportándose o en proceso de fabricación están en espera. Cuando mayor sea esta espera, más innecesaria es.
- Movimientos innecesarios: son movimientos extra para la manipulación de piezas herramientas, cajas. Estos movimientos pueden provocar daños en los productos.

Las 7 MUDAS es uno de los conceptos de la Gestión Lean que más fácilmente se puede extrapolar a todo tipo de organizaciones, ya sean de fabricación o de prestación de servicios.

En el presente estudio se abordaron los procesos operativos de una empresa de la ciudad de Mar del Plata, que se dedica a la comercialización y distribución de productos metalúrgicos. Se ha detectado que en las distintas etapas se producen retrasos que impactan en el tiempo de entrega de los pedidos, con la consecuente pérdida de nivel de servicio para los clientes.

El VSM del estado actual representa cómo se encuentra el proceso en el momento presente. El objetivo de su elaboración es definir cada etapa de la operatoria del almacén desde el punto de vista del flujo de valor, esto es, para conocer qué actividades agregan valor al producto y cuáles no.

Luego se establece el VSM del estado futuro. Debe tenerse claro que este VSM futuro equivale a un estado ideal en el que no existiría ningún desperdicio, es decir, que toda la operatoria será perfecta. El VSM del estado futuro será el que defina las estrategias de *Lean Manufacturing* y las herramientas a utilizar para implementar las mejoras. En esta fase se define cómo va a funcionar el proceso en el corto plazo y para realizarlo es necesario responder algunas preguntas acerca de las necesidades de personal, equipos, tecnología y stock entre otros.

Como último paso se define y se propone implementar un plan de acción de mejora para llegar al mapa del estado futuro, que maximice la satisfacción del cliente a la vez que se minimizan los desperdicios. Dentro de los planes de acción, que se realicen para garantizar el éxito del VSM, se deben estudiar los problemas, hallar la causa raíz de los mismos, implementar acciones correctivas con un cronograma de implementación y realizar un seguimiento del plan y la medición de los resultados.

2. DESARROLLO

Este trabajo se desarrolla en el marco de un proyecto que incluye la aplicación de técnicas tendientes a la mejora de los indicadores de la gestión de una empresa comercializadora de productos metalúrgicos de la zona, comprendida dentro de la clasificación de PyME.

La empresa distribuye alrededor de 40 tipos de productos, entre los que se cuentan caños de diferente diámetro y largo, chapas de diversos tipos y tamaños y artículos derivados de la industria metalúrgica que se utilizan en la industria de la construcción, pesquera y otras industrias de la zona.

Cuenta con un plantel de 15 personas entre operarios de planta y administrativos y un almacén de aproximadamente de 1300 metros cuadrados los cuales están destinados, prácticamente en su totalidad, a las actividades de almacenamiento de los productos.

Los procesos que se desarrollan en la misma, involucran:

1. descarga y recepción de los materiales que ingresan al almacén, provenientes del mercado de los proveedores;
2. localización de los productos;
3. preparación de los pedidos;
4. despacho hacia el mercado de los clientes.

Por tratarse de una pequeña empresa de carácter familiar las herramientas de gestión que utiliza, propias de este tipo de empresa, si bien suelen dar buenos resultados en el corto plazo, no producen mejoras duraderas. Sin embargo, la dirección de la organización tiene la fuerte inquietud de incorporar herramientas que, a partir del estudio y mejora de procesos, eleven el nivel de servicio al cliente.

Se aplica entonces la herramienta *Value Stream Mapping (VSM)* con el objetivo de conocer el estado actual de los procesos del almacén, y en base a éste proponer mejoras que conlleven a un funcionamiento óptimo del sistema, plasmando un VSM futuro donde las actividades que generen desperdicio dentro del proceso sean mínimas y sólo queden aquellas tareas que le den un valor agregado, dado que el mapeo de la cadena de valor es una herramienta que permite la representación gráfica del estado actual y futuro de un sistema de producción, con el objetivo de que los usuarios tengan un mejor entendimiento de las actividades de desperdicio que necesitan ser eliminadas.

Se presentan a continuación los pasos que se llevaron a cabo en la organización a fin de poder realizar el mapeo del estado inicial.

1. Establecer familias de productos. Para poder identificar las familias de productos sobre las cuales se aplicará el mapa de valor, es necesario tener en cuenta las operaciones por las que pasan los productos.
2. Descripción de las actividades que se realizan actualmente en el proceso siguiendo el flujo del mismo, desde el punto de acceso de los proveedores hasta el punto de entrega a los clientes.
3. Estudio de tiempos que requieren las actividades del proceso. Se define:
 - el tiempo disponible de proceso (TD);
 - el tiempo de ciclo (TC);
 - el *lead time* (LT)
 - el tiempo de valor agregado (TVA)
 - el tiempo de no valor agregado (TnoVA)
 - el tiempo total (TT)
 - el *Touch Time* (To)
 - el *Takt Time* (Tk)
4. Construcción de VSM del estado actual.
5. Identificación de problemas en el proceso actual.

2.1. Selección de la familia de productos.

El primer paso en la elaboración del VSM es seleccionar la familia de productos que, con su mejora, supongan un aumento en las ganancias globales de la compañía y un mayor nivel de servicio al cliente. La empresa almacena 40 grupos o familias de productos. Para determinar cuál es 20% de los productos que representan el 80% de la facturación o rentabilidad, se realiza una clasificación ABC con un gráfico de Pareto de acuerdo a datos suministrados por la empresa correspondientes a las ventas del período 2018- 2020.

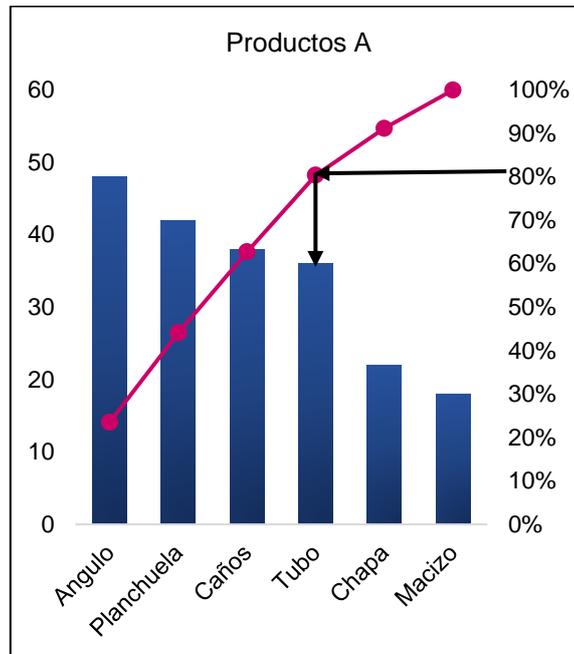


Figura 2 Gráfico de Pareto. Elaboración propia.

Se determinó, de acuerdo a esos datos, que los productos más vendidos son caños y tubos (largo 6,4m, varios diámetros), ángulos y planchuelas (largo 6m, variados espesores).

Posteriormente se analizaron datos de los pedidos procesados, para los años 2019-2020, y se determinó un pedido representativo para ser tomado como unidad de medida en el desarrollo del VSM. Este pedido está conformado por un promedio de unidades de cada uno de los productos más vendidos como se muestra en la tabla 1. Cabe destacar que esta empresa pudo desarrollar sus actividades durante la pandemia de COVID 19 en 2020, con una demanda similar a la del año 2019.

Tabla1 Pedido tipo diario

Producto	N° de unidades
Angulo	18
Planchuela	12
Caños	8
Tubo	6

2.2. Descripción de las actividades que se realizan actualmente en el proceso

Para describir cada una de estas actividades se llevaron a cabo entrevistas con los encargados de cada área. A continuación se presenta la descripción de cada etapa:

- **Recepción:** esta actividad se inicia cuando el camión llega a la entrada del almacén de la compañía, donde solo podrá ingresar si existe espacio disponible para descargar los productos, de lo contrario deberá esperar un tiempo para ser atendido. Una vez que el vehículo se encuentra dentro del almacén, el conductor entrega el remito al encargado del mismo, el cual revisa si los productos que trae el camión corresponden a la orden de pedido emitida por la empresa y a continuación da la orden para que comience la descarga de los productos. Al ser todos productos de gran porte, siempre son manipulados utilizando un puente grúa. Un operador sube al camión para ir sujetando cada producto al puente grúa y proceder a su descarga.

En el proceso de descarga del camión, también se va verificando que las cantidades que se encuentran dentro del remito sean las que realmente están siendo ingresadas al almacén.

- **Localización de ítems:** una vez descargados cada tipo de producto es trasladado por medio de autoelevadores, para ser almacenados de acuerdo a sus características particulares, en distintos tipos de estanterías. Los caños y tubos se almacenan en estanterías tipo cantiléver de brazo inclinado; las chapas se almacenan en estanterías tipo rack; los ángulos, macizos y planchuelas se almacenan en estanterías cantiléver de brazo horizontal. Esta actividad es la más sencilla de todas, ya que lo único que se hace es verificar si existe espacio disponible en el área de almacenamiento, de ser así se ingresan cada producto en su correspondiente estantería. En caso contrario, si no existe espacio, se dejan en un área temporal a la espera de un lugar en la estantería de almacenamiento.

- **Ingreso del pedido:** esta actividad comienza cuando el encargado del almacén recibe la orden del pedido del cliente generada por la oficina de ventas. El encargado solicita a los operadores

que busquen los productos en sus respectivas estanterías y que sean trasladados al área de picking.

- Preparación: operario y puente grúa se trasladan hasta la posición correcta, es decir, hasta la posición que está ubicado el producto solicitado. El operario lo sujeta al polipasto y acompaña su movimiento hasta la zona de armado de pedido. Una vez reunidos todos los productos que conforman el pedido, se procede a la sujeción de los mismos de acuerdo a su tipo y características particulares, dado que se trata de cargas largas.

- Facturación: cuando el pedido está armado, habiéndose verificado si se disponía de todos los productos solicitados en la orden, ésta vuelve a la oficina de ventas para que se genera la correspondiente factura. En caso de que algún ítem no se encuentre en stock se notifica en la orden para que no sea facturado.

- Despacho: una vez que el pedido está completo y las sujeciones correctamente colocadas, el operario los vuelve a poner en el polipasto para que el puente los ingrese al camión, que ya se ha ubicado en la entrada del almacén.

2.3. Estudio de tiempos de las actividades que involucra el proceso.

Después de haber definido las actividades que se desarrollan y las familias de productos que mayor impacto tienen en el nivel de servicio al cliente, se procede a realizar un estudio de tiempos con el objetivo de establecer el tiempo total de la operatoria del almacén [7].

En primer lugar se calcula el tamaño de muestra n para cada actividad con base en el método estadístico propuesto por la Organización Internacional del Trabajo [8]. El método estadístico consiste en efectuar un cierto número de observaciones preliminares (n') y luego aplicar la fórmula de la ecuación 1 para un nivel de confianza de 95,45% y un margen de error de 5%.

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2 \tag{1}$$

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

Σ = Suma de los valores

x = Valor de las observaciones.

Para el caso de estudio se estableció una muestra preliminar de cuatro observaciones para cada tarea y aplicando la ecuación 1, se calculó el tamaño de muestra de cada elemento de las etapas operativas previamente definidas. Posteriormente se estimó el tiempo desde la descarga de los productos del camión hasta el despacho de los pedidos, teniendo en cuenta el ritmo al cual trabaja el operario y un tiempo de suplemento basado en las condiciones del ambiente y el trabajo. Luego de esto se establece el tiempo promedio de cada una de las fases del proceso y con estos valores se calculan los distintos tiempos involucrados en toda la operatoria del almacén

Para definir el “Tiempo Disponible” se tomó el tiempo de la jornada laboral, que es de un turno de 8 horas y se restó el tiempo que el personal destina a un descanso a mediodía de 1h. entonces las 7 horas, expresadas en minutos son 420' / día.

El “Tiempo de Ciclo”, se calcula como el tiempo disponible sobre producción real. Para ello se determina el número de productos que pueden pasar por las cuatro etapas del proceso en el tiempo disponible de una jornada laboral y el número real de productos que se procesan a diario. De las entrevistas realizadas y de las mediciones de tiempos surgen los siguientes valores que se muestran en la tabla 2:

Tabla2 *Tiempos de las actividades*

	Recepción	Localización	Preparación	Despacho
Tiempo disponible (min)	420	420	420	420
Nº unid. (ideal) /día	130	110	132	132
Nº unid. (real)/ día	123	88	118	98
Tiempo de ciclo (min/unid.)	3.415	4.772	3.56	4.285

Cálculo de la demanda: se realiza el cálculo en función de la demanda mensual de 2600 unidades. La empresa trabaja 20 días al mes lo que da una demanda diaria de 130 productos .

Cálculo del *Lead Time*: se calcula en función del inventario en cada una de las etapas del proceso y la demanda diaria. Por ejemplo, en recepción el inventario es de 7 unidades dividido entre la demanda de 130 unidades/ día se obtiene un *Lead Time* de 0.05 días. De igual forma se calcula para las otras etapas, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Cálculo del *Lead Time*

	Recepción	Localización	Preparación	Despacho
Inventario (unidades)	7	22	14	34
<i>Lead Time</i> =inventario/ demanda diaria (días)	0.05	0.17	0.1	0.26
<i>Lead Time</i> =inventario/ demanda diaria (minutos)	72	244.8	144	374.4

Cálculo del tiempo de valor agregado (TVA). Se calcula como la sumatoria de los tiempos de ciclo. En este caso es de 16.03 minutos.

Por otra parte, el tiempo de no valor agregado (TnoVA) se calcula como la sumatoria de los *lead times*, en este caso, son 0.58 días, es decir 13.92 horas o expresadas en minutos es 835.2.

Por último, se calcula el tiempo total como la suma del tiempo de valor agregado y el tiempo de valor no agregado que da 851.2 minutos y el *Touch Time* como el tiempo de valor agregado sobre el tiempo total que da 0.0188, es decir, un 1.88%.

En la tabla 4 se resumen los valores de los tiempos calculados.

Tabla 4 *Tiempos de valor agregado y valor NO agregado*

Item	Valor
Tiempo de valor agregado (min)	16.03
Tiempo de valor NO agregado (min)	835.2
Tiempo Total (min)	851.2
<i>Touch Time</i> (%)	1.88

Cálculo del *Takt Time*. *Takt time* es el tiempo medio entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de la producción de la siguiente, cuando dichos inicios son establecidos para coincidir con la tasa de la demanda del cliente.

Se calcula como el tiempo disponible dividido entre la demanda diaria. El tiempo disponible es de 420 minutos y la demanda diaria es de 130 unidades. Entonces, el *Takt Time* tiene un valor de 3.23 minutos/ unidad, como se ve en la tabla 5. Este tiempo debe ser el objetivo del proceso y como se verá en el VSM inicial existen procesos a mejorar e inventarios por reducir.

Tabla 5 *Takt Time*

<i>Takt Time</i> (min/ unid)	3.23
------------------------------	------

2.4. Construcción de VSM del estado actual

En la figura 3 se presenta el VSM del estado actual. Con el mapeo de la cadena de valor de la situación actual, se trata de determinar los problemas existentes en la cadena logística y en los procesos individuales, asignando a cada etapa los desperdicios que generan. De esta manera se descubren las oportunidades de mejora que pueden darse a nivel de los procesos, a nivel de inventarios , a nivel de tiempos y en los índices de calidad.

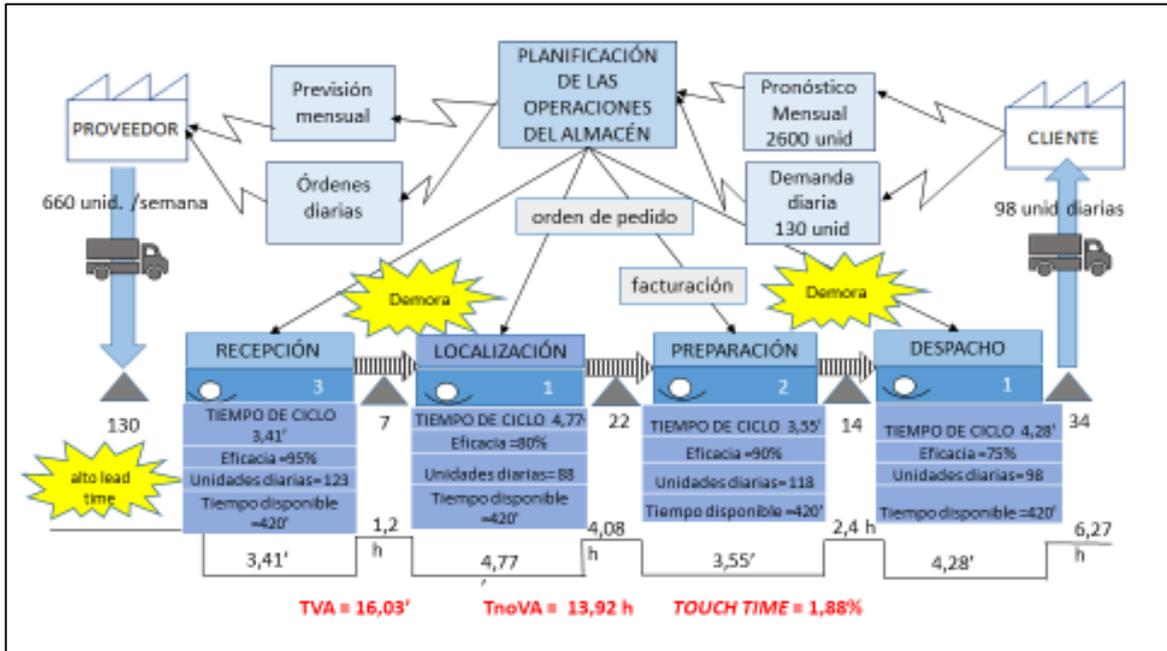


Figura 3 VSM estado actual. Elaboración propia

En este se puede observar cómo la dirección de operaciones de la empresa planifica las actividades del almacén, ya que se encarga de emitir las órdenes de compra a los proveedores y, a su vez, emitir las órdenes de pedidos de los clientes.

El mapa de la cadena de valor refleja el comportamiento del sistema: cuando las órdenes de compra llegan a los proveedores, estos envían el pedido, teniendo en cuenta que se debe asumir una espera para poder ingresar a esta. Una vez que el vehículo logra entrar a la empresa, comienza el proceso de recepción.

Cuando todo el pedido ha sido descargado, se procede a la localización de los productos en las estanterías correspondientes. En caso de no haber espacio en las estanterías, la mercadería permanece en el suelo. Esto ocasiona interrupciones en el paso e implica que los operarios realicen recorridos tratando de sortear los obstáculos.

En la siguiente etapa, el encargado recibe, por parte de la oficina de ventas, las órdenes de pedido de los clientes. Se comienza entonces a preparar los mismos utilizando el puente grúa hasta agrupar todos los productos solicitados. Finalmente, el pedido sujetado por eslingas es subido al camión para su despacho.

En función de los tiempos de ciclo, calculados para la demanda diaria prevista, se observa en la figura 4 que todos son mayores al *Takt Time*, que es de 3.23 minutos como se calculó anteriormente.

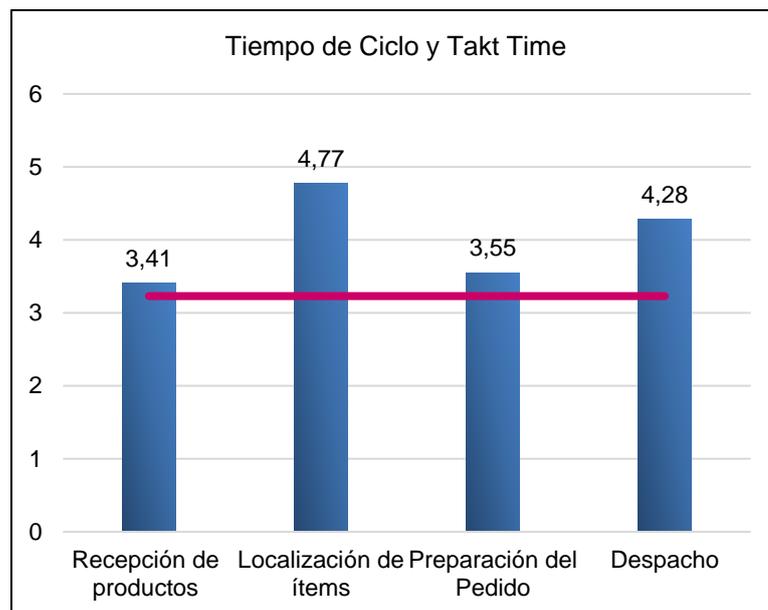


Figura 4 Tiempos de ciclo y Takt Time. Elaboración propia

Esta situación indica que deben implementarse planes de acción de mejora para reducirlos y lograr la eficiencia de estos procesos.

Además el *Touch Time* es del 1.88% ,es decir, que el tiempo de valor agregado es muy bajo dado que el tiempo de valor no agregado es de 98%. Es esperable poder reducir o eliminar este último implementando acciones para identificar y solucionar problemas en todas las etapas.

2.5. Identificación de problemas en el proceso actual

El estudio de tiempos no solo resultó de utilidad para medir el tiempo de ciclo de las distintas etapas del proceso, sino que también permitió tener una mirada de todo el sistema y poder encontrar oportunidades de mejora dentro de este. Se encontraron cuatro problemas principales que afectan el desempeño del sistema.

- Demoras en la descarga de productos. En la etapa de recepción, por falta de elementos de sujeción (eslingas o alambres). En la toma de tiempos para el estudio, se evidenció, en la etapa de recepción, que la persona que descargaba los productos se quedaba sin elementos para sujetarlos, antes de unirlos al polipasto del puente grúa, lo que provocaba que éste descendiera del camión para recorrer el almacén en busca de eslingas o alambre.
- Falta de un área definida para el almacenamiento temporal de productos. En muchas ocasiones los productos descargados no pueden localizarse en sus respectivas estanterías porque no hay disponible, o es necesario ordenar. En estos casos se deja en un lugar a espera de que puedan ubicarse en su lugar. El problema consiste en que esta área de almacenamiento temporal es seleccionada aleatoriamente y no tiene un lugar fijo dentro del almacén, lo que ocasiona desorden y movimientos innecesarios para el operario encargado de la fase de localización.
- Uso del puente grúa. La empresa cuenta con un puente grúa que se utiliza para la manipulación de todos los productos, dado que se trata de cargas largas y pesadas como ya se ha mencionado. En numerosas ocasiones ocurre que llega el camión del proveedor y el puente está siendo utilizado en otra etapa del proceso. Esto implica que debe dejar de hacerse una tarea, que queda demorada, para realizar otra.
- Falta de coordinación entre las dependencias de la compañía. Por último, se logró identificar que la empresa tiene dificultades para coordinar las tareas de las distintas áreas, que provocan demoras en el despacho de los pedidos al cliente. Cuando los pedidos están preparados, el encargado del almacén solicita la facturación del mismo, una vez que se verifica que se encuentran todos los productos solicitados en la orden. En caso de faltantes, lo debe dejar claramente indicado para que no se facturen productos que no están siendo entregados. Una vez que la solicitud llega a la oficina de ventas se emite la factura pero esto depende de la disponibilidad de la persona que la realiza. Por ello muchas veces los pedidos preparados no pueden ser despachados.

2.6. Definición de los planes de acción. En la tabla 6 se muestra el problema encontrado, el tipo de desperdicio que involucra de acuerdo a su naturaleza (cultura, proceso o tecnología) y la herramienta de *Lean Manufacturing* que puede aplicarse.

Tabla 6 Problemas, desperdicios y herramientas

PROBLEMA	DESPERDICIO IDENTIFICADO	HERRAMIENTA LEAN
Demoras en la descarga de productos	Esperas	5S- Trabajo en equipo
Falta de un área definida para el almacenamiento temporal de productos.	Movimientos innecesarios	5S - Distribución en planta
Utilización del puente grúa	Demoras	Trabajo en equipo. Capacitación.

Falta de coordinación entre las dependencias de la compañía	Retrasos	Trabajo en equipo. Capacitación.
---	----------	-------------------------------------

La primera propuesta fue la realización de una capacitación *in company* del método 5S. Se realizó con el objetivo de que el personal del almacén comenzará a clasificar, organizar y limpiar el sector de descarga y recepción. Al final de este proceso se delimitó un área para los productos descargados que momentáneamente no pueden ser llevados a una estantería. Además, se implementó un programa de limpieza semanal, con el objetivo de comprometer a las personas a mantener un lugar de trabajo limpio y ordenado.

Al despejar el espacio, se asignó también un lugar para las eslingas y alambres que son utilizados en la sujeción de los productos, en un punto cercano a la zona de descarga del camión, y se propuso un sistema de tarjetas Kanban, muy sencillo, para evitar pérdidas de tiempo buscando estos elementos por todo el almacén. Ambos sectores, el de almacenamiento temporal y el de depósito de eslingas, se señalizaron con color amarillo para una mejor identificación visual.

Para poder utilizar de manera eficiente el puente grúa, se dispuso que las tareas de recepción de proveedores se realicen en las primeras horas de la mañana y la preparación de pedidos a partir de mediodía. De esta forma no habría superposición de tareas que necesiten usar al mismo tiempo el puente. Esta medida se tomó dado que el promedio de pedidos despachados después de mediodía resultó mucho mayor que los despachados en la mañana. Los clientes habituales de la empresa, muchos de los cuales desempeñan ocupaciones en el puerto marplatense, realizan los pedidos en la mañana y los retiran por la tarde, por lo que esta decisión no perjudica la comodidad de los clientes.

Al mismo tiempo, esta planificación del proceso mejora los tiempos de facturación, dado que ventas tiene conocimiento de que los pedidos son preparados y despachados a partir de mediodía. Esta propuesta fue aprobada por la gerencia y actualmente se encuentra en proceso de ejecución.

3.RESULTADOS

La aplicación de las técnicas propuestas dentro del mapa de cadena de valor crea una situación futura óptima, la cual consolida la última fase de la metodología aplicada y que es plasmada en el *Value Stream Mapping* future, como se observa en la figura 5.

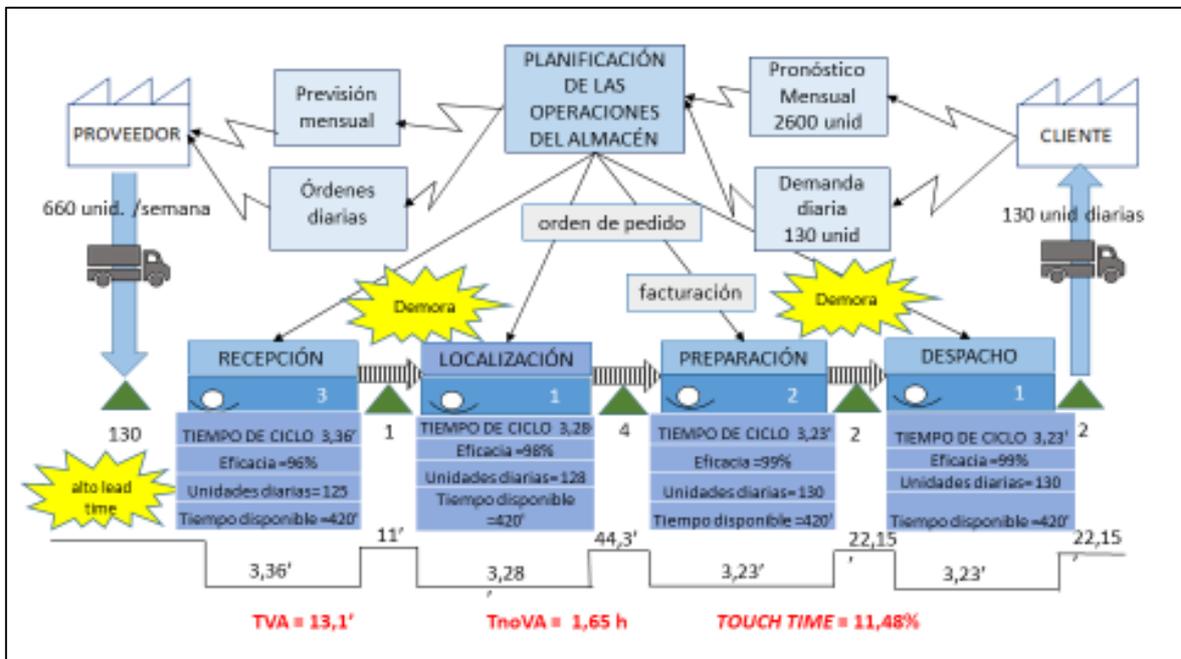


Figura 5 Nuevo VSM. Elaboración propia

En el nuevo VSM todos los tiempos de ciclo se redujeron y sólo las etapas de recepción y localización apenas superan los 3.23 minutos de *touch time*. En la nueva situación se lograría ajustar los tiempos de ciclo al *takt time*, por lo que el promedio de inventario diario tiende a cero.

El tiempo de valor no agregado disminuyó de 13.92 horas a sólo 1.65 horas, dado que todas las etapas se volvieron más eficientes.

Además, al no haber demoras entre que el pedido se encuentra listo y la facturación del mismo, una vez preparado se encuentra listo para ser enviado al cliente.

Hay un factor relacionado con la descarga de los productos. Cuando el camión, que llega desde la ciudad de Bs A s., no tiene a Mar del Plata como último destino. Por ello, en algunos casos, los productos que debe recibir la empresa se encuentran debajo de otros que tienen como destino final, por ejemplo Neuquén. Esto ocurre porque el proveedor prioriza la seguridad de la carga, que como ya se dijo se trata de elementos de gran porte, y no el destino. Si bien se ha planteado a los proveedores esta causa que ocasiona demora, no depende de la empresa poder solucionarlo.

4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La implementación de la herramienta de *Value Stream Mapping* permitió mostrar a la gerencia cómo se desempeñaban los procesos más críticos dentro de la compañía y, con esa base, ver el comportamiento de todo el sistema de una forma global y no por partes.

Al identificar el comportamiento y las relaciones subyacentes dentro del proceso, se logró establecer un plan de acción que actualmente se encuentra en ejecución y que en corto tiempo ha demostrado un claro aumento en el nivel de servicio al cliente.

La implementación de la primera actividad de mejora que fue la de 5S permitió reducir los tiempos de ciclo de todas las etapas del proceso del almacén. Los valores plasmados en el VSM inicial y el nuevo VSM pueden observarse en la tabla 7. Los tiempos están dados en minutos.

Tabla 7 Tiempo de ciclos VSM inicial y VSM propuesto

	Recepción	Localización	Preparación	Despacho
VSM inicial	3.41	4.77	3.55	4.28
VSM propuesto	3.36	3.28	3.23	3.23

Como puede verse la etapa de localización, que se veía demorada por falta de espacio, disminuyó su tiempo de ciclo en un 31% una vez que se organizó el lugar para los productos descargados. Las etapas de preparación y despacho disminuyeron un 9% y un 24.5% respectivamente y logran así ajustarse al *takt time* establecido en 3.23 minutos/unidad.

El TnoVA disminuyó un 88%, de 13.92 horas a 1.65 horas mostrando la notable disminución de los tiempos del proceso, debido a que las demoras en las distintas etapas se redujeron con las mejoras propuestas.

El *touch time* aumentó 6 veces ya que inicialmente era de 1.88% y en el nuevo VSM alcanza un valor de 11.48%.

Además, se utilizó como indicador el número de pedidos despachados en mes para medir el impacto del estudio sobre el desempeño de la compañía. En ese primer mes de implementación de las mejoras se logró un promedio de despachos 60 pedidos cuando anteriormente sólo se podían enviar entre 30 y 40 pedidos lo que representa un aumento de alrededor del 50%

Por otra parte, las mejoras propuestas se han convertido en herramientas fáciles de aprender y que les han mostrado a los encargados del proceso cómo debe ser la manera correcta en la que debe funcionar el sistema y cuál es la forma de actuar en ocasiones de crisis. Se logró mejorar el ámbito de trabajo y también las relaciones entre áreas.

Se espera que las mejoras implementadas sean el inicio de un ciclo virtuoso de mejora que se prolongue en el tiempo.

4. REFERENCIAS.

- [1] Barcia, Kleber y De Loor, Carlos. (2007) "Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)". *Revista Tecnológica ESPOL*. Vol. 20, no. 1, p.31-38. [3]
- [2] Nash, Mark y Poling Sheila. (2008). *Mapping the Total Value Stream*. 1° Ed. New York. Taylor & Francis Group. 296 p.
- [3] Gaither, Norman; Frazier Greg. (2000). *Administración de producción y operaciones*. Cengage Learning Latin Am, 2000 - 846 páginas
- [4] Piñero, Edgar Alexander; Vivas, Fe Esperanza; Flores de Valga, Lilian Kaviria. (2018) Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. VI, núm. 20, 2018, pp. 99-110. Universidad de Carabobo. Venezuela
- [5] Heizer, J., Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas*. Pearson Educación. 616 páginas.
- [6] Ohno, Taiichi (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Edición en Inglés. Hardcover, 176 pages. Published Productivity Press. (first published 1978).
- [7] Niebel B. (1996) *Ingeniería Industrial: Estudio de tiempos y Movimientos*. AlfaOmega.

[8] Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra, (publicado con la dirección de) Oficina Internacional del Trabajo, cuarta edición (revisada)

Agradecimientos

Las autoras de este trabajo desean agradecer a la empresa que nos brindó la oportunidad de la realización de este estudio y cuyo nombre no mencionamos para mantener en reserva de su privacidad.

Combinación de modelos de pronósticos de suavización y máximos para la determinación de políticas de abastecimiento.

Guzmán Márquez, Roberto; Romero Dessens, Luis Felipe; Olea Miranda, Jaime

Universidad de Sonora.

Roberto.gm0911@gmail.com, Luisfelipe.romero@unison.mx, Jaime.olea@unison.mx

RESUMEN

Este trabajo propone una mejora, para los procesos de reabastecimiento en los productos que se comercializaran de una empresa distribuidora de alimentos en el estado de Sonora México; este se realiza por la necesidad que tiene la compañía de tener el inventario adecuado de todos los puntos de venta con los que cuenta, con el fin de minimizar o eliminar las posibilidades de excedentes que dejaran de venderse o se convirtieran en obsoletos pero asegurando lo mejor posible el nivel de inventario suficiente para atender los puntos de venta mencionados. En este documento se hace un análisis ABC para la clasificación y selección de los bienes que se analizarán, y se propone un modelo que mejore la manera actual de hacer los pedidos de reabastecimiento que tiene la organización, debido a que la forma de llevar este proceso, nunca ha sido estudiada, y que en muchas ocasiones pone en peligro la frescura de los productos debido a su naturaleza (perecederos). Esta propuesta combina los métodos de pronóstico de tipo suavizados (Promedios móviles, promedio ponderado, suavizado exponencial simple (Brown) y doble (Holt)) para estimar la demanda en esta empresa, en combinación del máximo obtenido de la medida de posición estadística percentil.

Palabras Claves: Análisis ABC, Pronósticos, Máximos.

ABSTRACT

This work proposes an improvement for the replenishment processes in the products to be marketed by a food distribution company in the state of Sonora, Mexico; this is done because of the company's need to have an adequate inventory of all the points of sale it has, in order to minimize or eliminate the possibility of surpluses that would no longer be sold or would become obsolete, but ensuring the best possible level of inventory sufficient to meet the mentioned points of sale. In this document an ABC analysis is made for the classification and selection of the goods to be analyzed, and a model is proposed to improve the current way of placing replenishment orders that the organization has, because the way of carrying out this process has never been studied, and that in many occasions jeopardizes the freshness of the products due to their nature (perishable). This proposal combines smoothed forecasting methods (moving averages, weighted average, simple exponential smoothing (Brown) and double exponential smoothing (Holt)) to estimate the demand in this company, in combination with the maximum obtained from the percentile statistical position measure.

Keywords: ABC Analysis, Forecasts, Maximums.

1. Introducción:

En un mundo globalizado las empresas se encuentran en una competencia constante por seguir en el gusto de sus clientes, y con esto garantizar su supervivencia, día con día, para las compañías que se dedican al ramo de la producción y/o distribución productos perecederos, uno de los mayores retos es el de contar con un nivel de inventario suficiente para atender las necesidades de sus clientes, sin afectar la calidad y frescura de los productos, por lo que contar con políticas de abastecimiento, que ayuden a garantizar esto se vuelve de suma relevancia e importancia. Este es el caso de la empresa, en la que se va a realizar un proyecto, donde no se tiene un método de abastecimiento establecido en sus puntos de venta, en punto de venta que se analizara, se realiza el abastecimiento de su inventario haciendo un pedido al almacén matriz semanalmente, utilizando un promedio de venta de las últimas 3 semanas y multiplicándolo por dos, pero este método no es una política, ya que nunca se ha estudiado, entonces este trabajo busca revisar algunos métodos y elegir cual es el mejor.

De acuerdo con [1], en los sistemas logísticos, los centros de distribución (CEDI) son de gran importancia, ya que hacen más fácil poder atender los pedidos de los clientes, controlar los requerimientos en base a la oferta y la demanda, y la buena organización de los eslabones de la cadena de suministro (proveedor, empresa y cliente) mediante el uso de la gestión de inventarios, y operaciones como: recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos, despacho, consolidación de los pedidos de almacén, entre otras; debido a que “los inventarios son artículos para venta, producción o refacciones resguardados para el futuro” [2]. Así mismo, desde la posición de [3], describen que, dentro de la cadena, un proceso crítico es el de la gestión de almacenes, pues este se encarga de la administración de inventarios y, es en muchos de los casos, el encargado de gestionar los requerimientos de los clientes. Considerando que la gestión de inventarios es un proceso que atraviesa a la cadena de suministro, [4] mencionan que es necesario implementar herramientas que ayuden a tener un manejo efectivo del mismo con la finalidad de evitar consecuencias no deseadas, como el efecto látigo, un nivel de servicio insuficiente y costos extras derivados de la gestión de inventario; y desde el punto de vista de [5], uno de los problemas principales, es tener en exceso artículos que no se venden o, a su vez, escasez en aquellos artículos que sí se venden o mayor demanda tienen.

En la Gestión de inventarios, hay algunas herramientas que son útiles al momento de querer direccionar los inventarios de manera eficiente y eficaz; herramientas como: Análisis ABC, que es un método que ayuda a clasificar los estilos de un inventario considerando su impacto en el volumen de ventas de una empresa. La congruencia entre los registros en el sistema de control del inventario con las existencias en los almacenes es de vital importancia para tomar decisiones correctas. Los recuentos cíclicos (son las revisiones periódicas de los inventarios que se hacen para asegurarse que las políticas de inventario estén funcionando correctamente). El análisis ABC, se basa en el Principio de Pareto, el cual nos dice el 80 % de las consecuencias/resultados son provocadas por alrededor del 20 % de las causas/recursos. El enfoque más común consiste en categorizar a los artículos en tres grupos A, B y C, de manera descendente, teniendo en cuenta un único criterio que está relacionado con el valor anual invertido en los bienes [6].

El método de clasificación ABC es una herramienta que ayuda a identificar los productos que se deben tener más controlados por ser aquellos que más aportan al valor del inventario es decir son generan mayores ganancias o pérdidas, por ello es de vital importancia generar abastecimientos de producto lo más apegados a la realidad, para no tener sobre inventarios que puedan terminar en desperdicio o faltantes de inventario que se vuelva en venta perdida, para alcanzar un inventario más apegado a la realidad en la práctica existen algunos métodos para el cálculo del abastecimiento que se adaptan y adecuan a la realidad de cada empresa, en este trabajo se proponen analizar dos: el método de máximos y el de pronóstico de series de tiempo modelos de suavización. De acuerdo con [7], el *stock* máximo y mínimo también conocido como control preventivo de inventario, es una forma de control operativo del inventario, que está basado en los reabastecimientos reales ajustados a las necesidades, con la finalidad de no incurrir en acumulaciones excesivas de suministros o inventarios (en proceso o terminado). Teniendo en cuenta que:

Pp: Punto de pedido

Tr: Tiempo de reposición de inventario (en días)

Cp: Consumo medio diario

Cmx: Consumo máximo diario

Cmn: Consumo mínimo diario

Emn: Existencia mínima

Emx: Existencia máxima

CP: Cantidad de pedido

E: Existencia actual

Las matemáticas utilizadas en la técnica son:

$$\begin{aligned} \text{Emn: } & \text{Cmn} * \text{Tr} & (1) \\ \text{Pp: } & (\text{Cp} * \text{Tr}) + \text{En} & (2) \\ \text{Emx: } & (\text{Cmx} * \text{Tr}) + \text{Emn} & (3) \\ \text{CP: } & \text{Emx} - \text{E} & (4) \end{aligned}$$

La estadística es una ciencia que se ocupa de la recolección y tratamiento e interpretación de los datos que se obtienen en una investigación sobre hechos, individuos o grupos de estos, para poder realizar de ello conclusiones precisas o estimaciones en el futuro [8].

Los estadísticos de posición no centrados son valores numéricos, que señalan su ubicación en un grupo de datos ordenados, pues una parte de los datos representa un valor de la variable, menor o igual que el estadístico, dentro de estos podemos encontrar: la mediana, los deciles, cuartiles y percentiles, y dependerá de que tan detallada se requiere la descripción de la variable.

Al dividir los datos en 100 partes iguales, quedan divididos en percentiles. La fórmula para calcular el percentil deseado es:

$$P_K = \frac{K(n+1)}{100} \quad (5)$$

Al momento de realizar los pronósticos existen técnicas que se basan en series de tiempo, los datos de las series de tiempo, es información que es grabada o recolectada sobre un periodo de tiempo, tal como hora, día, semana, mes o año. La razón para utilizar series de tiempo es la predicción de sus datos. Los datos son recolectados desde el pasado hasta el presente. Nos permite conocer el patrón o comportamiento de los datos, esa es la suposición. Los datos se pueden predecir en el futuro si tiene el mismo comportamiento que en el pasado de acuerdo con [9].

Por su parte, [10] señalan que, para seleccionar un método de pronóstico, es necesario conocer su grado de precisión, la cual se puede conocer calculando sus diversos grados de error, los que mencionan son los siguientes:

- **Error del pronóstico:** que es la diferencia entre lo que se vendió realmente menos lo que se pronosticó y está dado por la siguiente ecuación:

$$e_t = Y_t - Y'_t \quad (6)$$

Donde:

e_t = error de pronóstico en el periodo t

Y_t = valor real en el periodo t

Y'_t = valor de pronósticos para el periodo t

- **Desviación Absoluta Media (MAD):** Esta evalúa la precisión del pronóstico al realizar un promedio de las magnitudes de los errores de pronóstico. Este cálculo es más útil cuando quien evalúa desea estimar el error de pronóstico en las mismas unidades de la serie original y está dado de la siguiente forma:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - Y'_t| \quad (7)$$

- **Error Cuadrático Medio (MSE):** Este método consiste en calcular el promedio de la suma de todos los errores observados elevados al cuadrado. Este método castiga los errores grandes de pronósticos; ya que los errores se elevan al cuadrado y por lo cual se elegirá otro método que tiene errores pequeños. Y este se calcula con la siguiente expresión:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - Y'_t)^2 \quad (8)$$

Señalan los autores mencionados anteriormente que estas medidas de precisión son utilizadas para lo siguiente:

- Comparar la precisión de dos o más técnicas diferentes.
- Medir la utilidad o confiabilidad de una técnica específica.
- Ayudar a buscar una técnica óptima.

Algunos de los modelos basados en series de tiempo según [11] son:

Promedio simple: es una técnica básica de pronósticos, consiste en usar la media de los últimos valores relevantes observados para pronosticar el próximo periodo. Este método pone un mayor peso en la información histórica, lo que puede ser útil y más apropiado para pronósticos de largo alcance, cuando el ambiente es estabilizado y generalmente no presenta cambios.

$$Y'_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i \quad (9)$$

Promedio móvil: este método es utilizado para series de tiempo que no presentan estacionalidad o tendencia. Por lo que, la tendencia y estacionalidad que presenten estos datos debe ser eliminada antes de implementar este método. Esto puede ser hecho con doble diferenciación o con suavizado exponencial. Igual que el promedio simple, esta técnica calcula pronóstico basado en el promedio de las observaciones anteriores. Sin embargo, descarta los valores más antiguos del promedio, cuando nuevas observaciones están disponibles.

$$Y'_{t+1} = \frac{(Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-w+1})}{w} \quad (10)$$

Promedio móvil ponderado: menciona que este es una variación del promedio móvil, con la diferencia que, mientras el promedio móvil simple asigna el mismo grado de importancia a todos los datos del pronóstico, el promedio móvil ponderado asigna diferentes grados de importancia a cada uno siempre y cuando la suma de las ponderaciones de 100 %. En la práctica es muy común asignar

mayor grado de importancia al último valor observado. La fórmula para determinar el pronóstico con este enfoque está dada de la siguiente manera:

$$F_t = W_1 D_{t-1} + W_2 D_{t-2} + \dots + W_n D_{t-n} \quad (11)$$

Donde W es el valor de ponderación asignado a cada observación.

Mientras que [12] menciona los siguientes modelos de pronósticos:

Suavización exponencial de Brown o Suavización exponencial simple: este enfoque de pronóstico no requiere una enorme cantidad de datos de la demanda histórica. Por lo cual, en cada ocasión en la que se realiza el pronóstico, se elimina la observación anterior y en su lugar se considera la demanda más reciente. Este método se realiza a través de una constante de suavización alfa (α) que tiene un valor que se encuentra entre 0 y 1, aunque en la práctica real es común que este se encuentre entre 0,05 y 0,50. Esta constante se utiliza como un factor de ponderación y su variación se realiza por la necesidad de brindarle mayor peso a datos recientes (alfa α más elevada) o a datos anteriores (alfa α más bajo). Y la forma de calcular el pronóstico con este enfoque es la siguiente:

$$F_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (12)$$

Suavización exponencial lineal de Holt o Suavización Doble: este método de pronóstico permite hacer una doble atenuación (el valor suavizado de la serie y el cambio en la tendencia a través del tiempo) y toma como datos de entrada, los datos ajustados de la suavización Simple (Brown). Para que este modelo pueda ser aplicado se requieren dos constantes de suavización, α y β , las dos deben ser valores entre 0 y 1. Es adecuada la utilización de este modelo, cuando se supone que la demanda presenta un nivel y una tendencia en el componente sistemático, pero no presenta estacionalidad. Y la ecuación para calcular este pronóstico está dada de la siguiente manera:

$$F_t' = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_{t-1}' \quad (13)$$

$$F_t'' = \beta F_t' + (1 - \beta) F_{t-1}'' \quad (14)$$

$$F_t = F_t' + F_t'' \quad (15)$$

[13] dice que los problemas de optimización son desafíos que se encuentran hoy en día en muchas áreas de la vida cotidiana, tales como: ingeniería, ciencia, matemáticas, negocios, economía u otros. En este tipo de problemas, se puede encontrar la manera óptima, o más eficiente, de utilizar una serie de recursos limitados, para alcanzar los objetivos planteados. Esto puede ser maximizar las ganancias, minimizar el total de los costos o minimizar el tiempo total en la realización de algún proyecto, además de muchos otros. Para este problema se debe definir un modelo matemático, que sirva para representar la situación, este debe contar con las variables de decisión, una función objetivo, y las restricciones.

Solver es un software complemento de Microsoft Excel. Puede ser utilizado para determinar un valor óptimo mínimo o máximo [14]. En el trabajo de [15], titulado “Evaluación de métodos de pronósticos de demanda aplicados a un modelo de recolección de residuos hospitalarios en algunos centros médicos de la ciudad de Bogotá”, el Software de Solver es utilizado para reducir los valores de atenuación en los modelos de pronósticos utilizados, y con ello encontrar el método que sea más exacto al momento de pronosticar la demanda.

Estas técnicas de aprovisionamiento son útiles para la reducción de desperdicios, al momento de querer reducir desperdicios en la industria la terminología y herramientas de lean cobran cada día más valor. En su libro, el autor [16], señala que el mejor acercamiento para la palabra “muda” sería “exceso”, recalca que es necesario que los 7 desperdicios que tienen las empresas deben ser bien entendidos, detectados y eliminados o al menos reducidos, todos los días en las empresas y organizaciones. Hace referencia que este es uno de los principales objetivos de “Lean Manufacturing” ya que estos desperdicios reducen la capacidad de la empresa, y representan un reto diario para administradores, gerentes y empleados en general.

Algunas herramientas del lean son: diagrama de Pareto se pueden identificar los problemas que tienen un mayor impacto mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) el cual hace referencia que existen muchos problemas que no tienen gran relevancia frente a solo unos que impactan fuertemente. Esto porque, usualmente el 80 % de los resultados totales son dados por el 20 % de los elementos. La gráfica es de gran ayuda al permitir detectar de forma visual en una sola revisión dichas minorías de características vitales a las que es de suma importancia concentrar los esfuerzos y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar recursos [17].

El diagrama de causa-efecto, Ishikawa o de pescado (por su forma) es una herramienta gráfica que hace la relación de un “problema” con las causas que pudieran estar generándolo. Este diagrama obliga a buscar las distintas causas que afectan el problema que se está analizando y, así, tratar de evitar el error al buscar de forma directa las soluciones, sin haberse preguntado cuáles son realmente las causas de este efecto. El método más utilizado en este diagrama es el de las 6 M y se realiza agrupando las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo,

mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Existen en la literatura adaptaciones que utilizan mayor o menor número de variables, como es el caso del que utiliza [18], en su trabajo “Control de la calidad: herramientas de calidad” que utiliza 4 variables. la selección del método (M’s) dependerá de la complejidad y de la necesidad del proyecto.

2. Metodología o modelo

El modelo que se utilizará para la obtención de los resultados esperados está dado por 6 pasos que se describen en este capítulo, este modelo es adaptado del trabajo realizado por [12], , en el que se aplican algunos modelos de suavización de series de tiempo, para el cálculo de pronósticos de los requerimientos de material de embalaje en una empresa distribuidora de productos farmacéuticos, con algunas diferencias, primero el modelo que aquí se plantea está pensado, para su uso en el pronóstico de demanda futura de productos perecederos, en segundo lugar, incorpora algunos de los elementos del trabajo realizado por [7], que propone un método de gestión de inventarios basados en máximos y mínimos. Esto con la finalidad de lograr dar mejores herramientas para la toma de decisiones a la organización.

A continuación, se presenta el método que se llevara a cabo según el modelo seleccionado para la realización del proyecto. Véase figura 1.

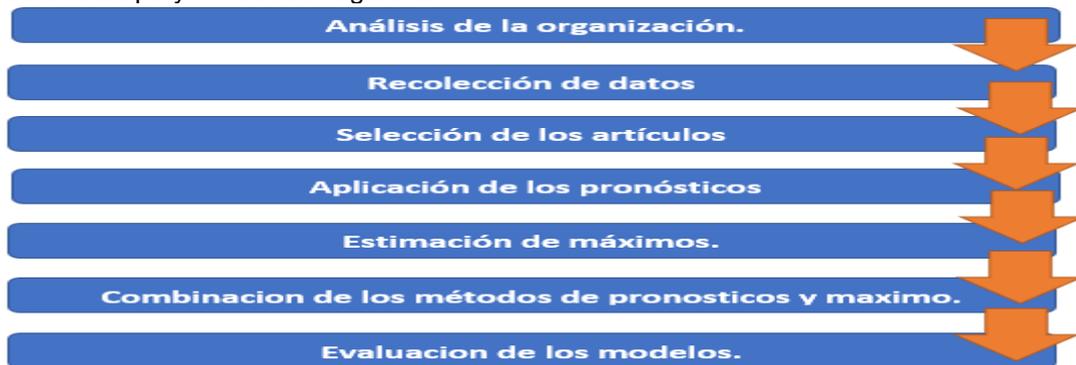


Figura 1 Modelo para la planeación del aprovisionamiento (Fuente: Elaboración propia)

3. Implementation

En este capítulo, se describe la aplicación en la empresa del modelo propuesto para la solución del problema.

3.1 Análisis de la organización:

Este es el primer paso del modelo, es importante tener una visión y conocer cómo se están llevando a cabo los procesos dentro de la organización, para este trabajo se analiza abastecimiento de los puntos de venta que tiene la empresa; pero esperando este modelo sea capaz de replicarse en otros puntos de la organización.

Para alcanzar el objetivo de este paso, que es conocer la realidad de los procesos de abastecimiento que tiene la organización; se entrevistó a la encargada del punto de venta para tener una visión de lo que ella considera pudiera estar afectando en los resultados, estas causas se muestran en la figura 2 diagrama de Ishikawa del proceso. Y después se analizan cada una de las causas enlistadas. También es importante mencionar que el desarrollador del proyecto trabajo en la empresa y tiene conocimiento de los procesos y aportó en la realización de este diagrama.

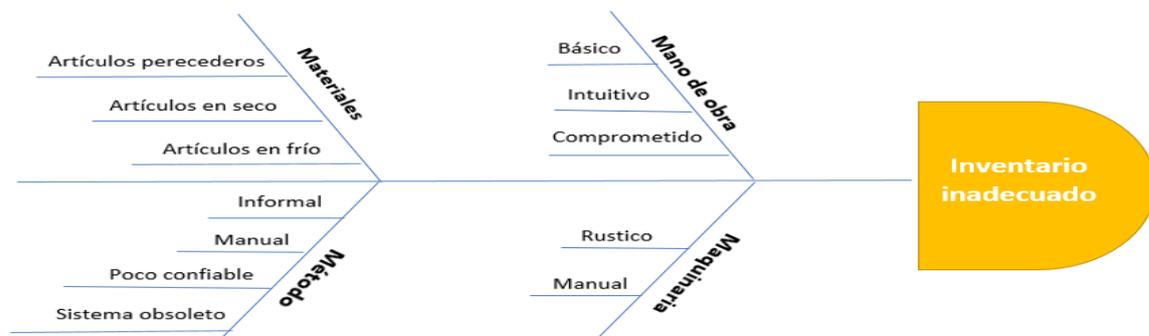


Figura 2 Evaluación del proceso de reabastecimiento

El síntoma que se va a estudiar, es el de un inventario inadecuado, considerándose como inadecuado cualquiera de las dos o la combinación de ambas: primero el inventario es insuficiente para atender los requerimientos de los clientes, o demasiado que pueda terminar en desperdicio por caducidad.

La figura 3 el análisis de Pareto, donde se muestra que el rubro de no entregar a tiempo, es la segunda causa de descontento de los clientes de este despacho, mayormente esta incidencia se debe a que no se contaba con inventario para armar el pedido, por lo que se tiene que ir a buscar al almacén matriz, o a otros puntos de venta.

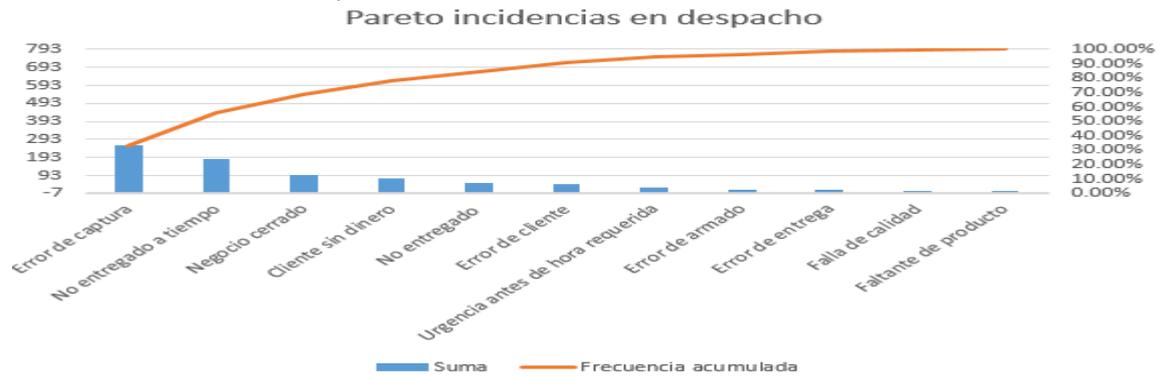


Figura 3 Pareto incidencias Despacho Enero-marzo 2020

Materiales: algo que tienen mucha injerencia en la toma de decisiones en cuanto a la cantidad de inventario a mantener, es la naturaleza de los productos que se comercializan, por ser del tipo perecedero y contar con un tiempo limitado de vida, y aunque en general estos se pueden dividir en dos, aquellos que requieren almacenamiento en frío y aquellos que no, y los que no requieren refrigeración, usualmente tienen un tiempo de vida mayor a un año, el problema se presenta para los artículos que sí requieren, ya que llegan con un tiempo de vida mucho menor, pues varían entre el mes y medio y tres semanas antes de llegar a su fecha de expiración.

El 99 % de los productos, que la empresa comercializa, son de naturaleza perecedera, estos se dividen en dos, aquellos que no requieren refrigeración, los cuales su tiempo de vida es mayor pudiendo llegar hasta 4 años de vida, y los que requieren refrigeración, teniendo un tiempo de vida menor, llegando está a ser al momento de recibirla de proveedor, hasta de un mes y medio, y debiéndolo desplazar dos semanas promedio antes de que su tiempo de vida (caducidad) llegue a su fin, esto por los requerimientos del cliente. Aunque se busca que el modelo propuesto sirva para todos los casos (producto en seco con mucho tiempo de vida y producto en frío con 2 semanas para su desplazamiento desde que se recibió), se toma como restricción el de desplazar el producto en máximo dos semanas, esto porque el producto en frío representa hasta un 70% del valor de inventario de este punto de venta.

Mano de obra: en esta causa, se hace mención de que, la persona responsable del proceso, no tiene un método establecido para la realización de los pedidos al almacén matriz.

Cuando tomó el puesto de responsable del punto de venta, fue capacitada por la anterior encargada, que esta a su vez fue capacitada por la anterior responsable, la cual sigue trabajando en la organización y al preguntarle por su método, comentó que ella lo hacía con base a su experiencia, que no consideraba los sugeridos que el sistema de punto de venta le arroja, que tomaba criterios de solicitar venta de 2 semanas, para no quedarse sin producto. Entonces es el método que actualmente sigue la persona responsable, el tema aquí es que no se tienen establecidos estos criterios, y depende del humor y “experiencia” de la persona que está realizando los pedidos.

Maquinaria: esta otra causa que la responsable del departamento mencionó; actualmente los pedidos se realizan de forma intuitiva no teniendo alguna herramienta para hacerlos y utilizando en algunas ocasiones solo una calculadora para calcular los promedios de ventas y multiplicarlo por dos, debiendo hacer esto producto por producto.

Método: se tiene un sistema en el que se realizan los pedidos, y este sistema arroja un sugerido, pero no se conoce como realmente funciona, Por lo que hace que, aunque se tiene un equipo y un sistema, actualmente no se utiliza, se realiza el estimado de la venta, o de forma intuitiva o en el mejor de los casos utilizando una calculadora, para promediar y multiplicar por dos las ventas de las 3 últimas semanas y así realizar el pedido.

3.2 Recolección de los datos

Para este trabajo, los datos con los que se trabajará son los datos de las ventas históricas de la organización, estos datos vienen recolectados desde el sistema SisQyQ con el que cuenta la empresa, este es un sistema especial que la empresa diseñó, donde se almacenan los datos de ventas en un reporte especial en el módulo destinado para el departamento de ventas.

Entonces la información que se recolectó fue la información de la venta histórica de los años enero del 2019 a diciembre 2020, teniendo en cuenta que la información del periodo que comprende a los

meses de enero 2019 a diciembre 2019 será utilizada para la definición de un primer modelo de 52 semanas, que será evaluado con las primeras semanas del año 2020 y la información de abril a diciembre 2020 para un segundo modelo de 40 semanas, analizar cuantas semanas se requieren, y estas se evaluarán con las primeras 10 semanas del año 2021 será con la que se evaluará dicho modelo.

3.3 Selección de los artículos:

Se realizará el análisis ABC teniendo como criterio para la clasificación al costo de inversión por las cantidades vendidas en el año 2020. Se ordenan de forma numérica descendente, el código del producto, la cantidad en unidades vendida durante el año a analizar, el costo del producto, la participación que está dada por dividir 1 sobre el total de las productos analizados, lo que terminará en dar la misma participación para todos los artículos, el consumo se refiere a el costo por las unidades vendidas, el porcentaje de consumo se calcula dividiendo el total del consumo sobre el consumo individual y multiplicándolo por 100 y con esto se podrá calcular el porcentaje de consumo acumulado con la finalidad de encontrar el 80% de los productos y por último viene la calificación A, B, C.

Tabla 1 análisis ABC por familias.

Número	Código	Familia	Vendido	Unidad de	Costo	Participación	Consumo	% de participación	% de participación acumulada	% de participación x familia
			Piezas	costeo						
			Kilos							
1	125050	CARNES FRIAS	34468	34468 K	122.1	0.18%	4208932.2	5.83%	5.83%	
2	101821	CARNES FRIAS	19594	19594 K	63.84	0.18%	1368470	1.90%	7.73%	
3	124115	CARNES FRIAS	10597	10597 K	97.54	0.18%	1033627.3	1.43%	9.16%	
4	115580	CARNES FRIAS	15245	15245 P	44.33	0.18%	634957.85	0.95%	10.11%	
5	113380	CARNES FRIAS	7312	21948 PK	23.44	0.18%	514453.9	0.71%	10.82%	12.2%
6	117111	CARNES FRIAS	5011	5011 K	86	0.18%	430932.58	0.60%	11.42%	
7	113311	CARNES FRIAS	4975	4975 K	63	0.18%	313446.36	0.43%	11.85%	
8	102060	CARNES FRIAS	6547	6547 P	44	0.18%	288068	0.40%	12.25%	
9	401040	CONGELADOS	25039	56836 P	70.94	0.18%	1176195.7	2.45%	2.45%	
10	401450	CONGELADOS	12207	27710 P	70.68	0.18%	862790.76	1.20%		
11	401360	CONGELADOS	9982	22659 P	73.75	0.18%	736172.5	1.02%	4.68%	
12	401050	CONGELADOS	5398	12253 P	57.4	0.18%	309845.2	0.43%	5.10%	5.5%
13	401350	CONGELADOS	3627	10425 P	75.39	0.18%	290813.73	0.40%	5.51%	
14	407010	CONGELADOS	4299	4299 K	65	0.18%	279436.43	0.39%	5.8%	
15	222800	CREMAS	18616	18616 K	17.6	0.18%	327641.74	0.45%	0.45%	0.45%
16	327070	MARGARINAS	2380	12300 PK	74.36	0.18%	914628	1.27%	1.27%	
17	327130	MARGARINAS	4226	4262 P	83.24	0.18%	351772.24	0.49%	1.75%	
18	331080	MARGARINAS	2362	2362 P	131.9	0.18%	311642.28	0.43%	2.19%	
19	340130	MARGARINAS	3071	6940 P	91.22	0.18%	280136.62	0.39%	2.57%	
20	318160	MARGARINAS	5039	5039 P	52.25	0.18%	263287.75	0.36%	2.94%	
21	303400	MARGARINAS	1089	5445 C	235	0.18%	255915	0.35%	3.29%	3.29%
22	232160	QUESOS	22391	1E+05 PK	59.8	0.18%	6841718	9.48%	9.48%	
23	207201	QUESOS	33577	33577 K	37.5	0.18%	3273605.5	4.53%	14.01%	
24	236020	QUESOS	3997	31976 P	800	0.18%	3197560	4.43%	18.44%	
25	207211	QUESOS	26310	26310 K	98	0.18%	2578392.9	3.57%	22.01%	
26	207210	QUESOS	8902	20537 PK	102	0.18%	2094723.8	2.90%	24.91%	
27	233100	QUESOS	7161	35680 PK	48.3	0.18%	1733004	2.40%	27.32%	
28	207214	QUESOS	14346	14346 K	96	0.18%	1405955	1.95%	29.26%	
29	238092	QUESOS	9602	9602 K	100	0.18%	960200.8	1.33%	30.59%	
30	233112	QUESOS	10829	10829 K	84.5	0.18%	915040.53	1.27%	31.86%	
31	222860	QUESOS	3965	12430 PK	73.54	0.18%	914134.56	1.27%	33.13%	
32	259012	QUESOS	9678	9678 K	84.5	0.18%	817605.78	1.13%	34.26%	
33	232161	QUESOS	14643	14643 K	54	0.18%	790712.17	1.10%	35.35%	
34	209211	QUESOS	8742	8742 K	63.5	0.18%	607596.45	0.84%	36.20%	
35	233110	QUESOS	2577	6551 PK	87.5	0.18%	573239.63	0.79%	36.99%	
36	236520	QUESOS	651	6608 PK	670	0.18%	570170	0.79%	37.78%	
37	233101	QUESOS	12361	12361 K	43	0.18%	531501.84	0.74%	38.52%	44.95%
38	232071	QUESOS	6116	6116 K	58	0.18%	470700.39	0.65%	39.17%	
39	207271	QUESOS	3947	3947 K	97.5	0.18%	384808.13	0.53%	39.70%	
40	236070	QUESOS	1712	3253 P	219	0.18%	374928	0.52%	40.22%	
41	203201	QUESOS	5489	5489 K	67	0.18%	367765.95	0.51%	40.73%	
42	207212	QUESOS	3744	3744 K	98	0.18%	366937.28	0.51%	41.24%	
43	259011	QUESOS	4313	4313 K	84.5	0.18%	364433.04	0.50%	41.74%	
44	237020	QUESOS	5858	3370 PK	102.5	0.18%	345422.64	0.48%	42.22%	
45	209210	QUESOS	1649	4168 PK	72.5	0.18%	302163.76	0.42%	42.64%	
46	223190	QUESOS	1337	3080 PK	97.8	0.18%	301268.99	0.42%	43.06%	
47	233240	QUESOS	2957	5914 PK	50.3	0.18%	297474.2	0.41%	43.47%	
48	241010	QUESOS	1469	5010 PK	57.1	0.18%	286078.99	0.40%	43.87%	
49	233111	QUESOS	3353	3353 K	64.5	0.18%	283319.21	0.39%	44.26%	
50	241020	QUESOS	1301	4219 PK	53.95	0.18%	252922.34	0.35%	44.61%	
51	233180	QUESOS	885	2747 PK	90.09	0.18%	247448.22	0.34%	44.95%	
52	360010	SECOS	76254	57191 P	83.37	0.18%	6357296	8.81%	8.81%	
53	370010	SECOS	17773	53319 P	32.5	0.18%	1644002.5	2.28%	11.08%	13.35%
54	340040	SECOS	6746	25579 P	111	0.18%	748603.62	1.04%	12.12%	
55	340070	SECOS	3102	11757 P	143.2	0.18%	444206.4	0.62%	12.74%	
56	340530	SECOS	893	14181 P	494.3	0.18%	441409.9	0.61%	13.35%	

En la tabla 1 se muestra el resultado del análisis ABC, pero al realizar el análisis por el método mencionado se alcanza a observar que en los primeros 56 productos que representan el 80.19 % de la inversión anual del inventario 2020, se considerarán estos 56 productos que representan el 80.19 %, y que también representan los productos que más riesgo corren por tener fechas de caducidad muy cortas.

Por temas de confiabilidad, los productos que se van a analizar tendrán códigos o sku's, por lo que se representarán los artículos con dichas claves.

3.4 Aplicación y selección del modelo de pronóstico.

En este paso de la metodología se someterán a los modelos de pronósticos de suavización que se mencionaron en el capítulo del marco teórico, los cuales son: promedios móviles para N= 2,3,4 considerando que actualmente los pedidos sugeridos por el sistema que tiene la organización sugieren en automático un reabastecimiento en base al promedio de las últimas 3 semanas de ventas. El modelo de Brown o suavización simple, de Holt o suavización doble, dado que se busca que este modelo se programe en el sistema de la empresa, y que el comportamiento de las ventas puede cambiar de un momento a otro, no se elegirá un modelo particular para cada producto, la selección del método se hará en base al menor ECM y este puede cambiar a lo largo de las semanas evaluadas.

Para ejemplificar los resultados obtenidos, se muestra la tabla 2 el producto 1133311 en la semana 5 del año 2020.

Tabla 2 Ejemplo de resultados 113311 sem. 5 2020.

Sugerido	Vendido	Diferencia	Modelo
101.09	145.73	44.64	Promedio Movil para 4

Como se alcanza a apreciar el modelo que presentaba menor error es el del promedio móvil con n= 4 pero aun así fue insuficiente. Se pronosticó que se venderían 101.09 unidades y se vendieron 145.73.

Se muestra en la tabla 3 el producto anterior evaluado en el año 2021 con un modelo que utiliza 41 semanas.

Tabla 3 Ejemplo de resultados 113311 sem. 5 2021.

Sugerido	Vendido	Diferencia	Modelo
76.29	81.70	5.41	Exponencial doble

Se puede apreciar que con un modelo de pronóstico distinto al año anterior y con menos semanas, el pronóstico se volvió a quedar abajo.

Como se comentó anteriormente, a la empresa le interesa un modelo que garantice en mayor cantidad las ventas, es por eso que no ha cambiado su forma actual de hacerlo, con el modelo que tienen (promedio de 3 semanas x 2) se garantizan el 98 % de las ventas (no existe un modelo que garantice todo). Por querer asegurar las ventas lo mayor posible sin arriesgar mucho la calidad y frescura de los productos se evaluará como se comportarían estos modelos al multiplicarlos por otros valores, por tema de espacio los resultados se resumirán en el apartado de evaluación.

3.5 Aplicación y estimación de Máximos y Mínimos.

Este es segundo criterio que se le quiere brindar a la organización para el cálculo de sus pedidos, actualmente en los almacenes o puntos de venta que tiene la organización, no se tiene una referencia de las cantidades de inventario máximo que se debe tener, esta es una herramienta básica y muy útil en las organizaciones que se dedican al almacenamiento de productos, especialmente para aquellos que su ramo es la venta de menudeo como se mencionó en el apartado que habla de este punto en el capítulo de introducción. Por esta razón se cree que al agregar esta información al método de abastecimiento se da a los responsables de los puntos de venta de esta organización, especialmente al que se está analizando en este momento una nueva directriz para realizar de forma más consciente su pedido al almacén general. Es importante hacer mención que, como en todos los procesos de gestión de almacenes, en este modelo también se tiene cierto grado de error, ya que la demanda tiene por si sola un grado de incertidumbre.

Para el cálculo del máximo se utilizarán los percentiles 80 y 90 de las últimas 10 semanas de venta. En la tabla 4 se muestra cómo se comportaría utilizar el máximo utilizando el percentil 80, en el producto 222800 en la semana 3 del año 2020.

Tabla 4 Máximo percentil 80 producto 222800.

Emx	Vendido	Promedio 3
529.00	762	840.67

En la tabla 5 se muestra cómo se comportaría utilizar el máximo utilizando el percentil 90, en el producto 222800 en la semana 3 del año 2020.

Tabla 5 Máximo percentil 90 producto 222800

Emx	Vendido	Promedio 3
618.40	762	840.67

Como se alcanza a observar, en cualquiera de los dos casos, utilizar el percentil no es suficiente, debido a que estos modelos funcionan para garantizar un nivel de servicio del 80 % o 90 %, incluso utilizando el percentil 100 no considerarían cuando un producto va incrementando sus ventas. Debido a que la empresa quiere un nivel de servicio mayor se multiplicaran estos percentiles, por algunos factores, para el percentil 80 se utilizaran un factor del 30% hasta el 60%, y para el percentil 90 se multiplicara por un factor desde el 40% hasta el 60% por temas de ahorrar de espacio y hacer más claros los resultados, se resumirán en el apartado de evaluación.

3.6. Combinación de los modelos de pronósticos y máximo.

En esta sexta sección se presenta el resultado al combinar las dos metodologías (modelos de pronósticos x 2 semanas, esto porque está dentro de los márgenes del tiempo de vida del producto y máximos) para estimación del abastecimiento y su comparación contra cómo se ha venido haciendo, que cabe recalcar no es la política establecida, pero es lo único que se tiene que no sea empírico.

En la tabla 6 y 7 se muestra los resultados al combinar los dos métodos (pronósticos y máximo) y el percentil 80 x 1.2.

Tabla 6 Modelos combinados producto 331080 sem 9 2020.

Sugerido	Vendido	Promedio 3
194.97	151	124.00

Tabla 7 Modelos combinados producto 209210 sem 10 2021.

Max sugerido	Vendido	Promedio 3
46.29	43.00	39.53

Se puede observar que en este caso el combinar modelos de pronósticos móviles con modelos de centralización, aporta mayor certidumbre al momento de realizar los pedidos de abastecimiento que el método que se está utilizando actualmente, este ejemplo fue uno de los que se evaluó, no es suficiente para decir que este es el mejor método, por lo que en el apartado siguiente (evaluación) se resumirá cómo se comportan los demás métodos.

3.7. Evaluación de los resultados.

Después de haber aplicado cada uno de los métodos de abastecimiento, en este capítulo se presenta, el resumen de los resultados obtenidos a lo largo de las primeras 10 semanas del año 2020 y 2021 evaluadas con cada método. Se explicó, que se está buscando un modelo que reduzca la variación, como se mencionó el método que están utilizando. Actualmente está ocasionando que se ponga en riesgo la frescura y vida del producto, pero una opción también pudiera ser el pedir por 1.9 o 1.8 por esta razón se meterán dentro de la evaluación, que tan conveniente sería cambiar la forma de hacer el pedido a un valor menor, se evaluará el promedio de tres semanas por 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9. también se meterá a la evaluación el método actual, que tantas veces se es insuficiente, para ver si este método garantiza mayormente el tener suficiente inventario para asegurar las ventas.

La primera evaluación se hará a los métodos de pronósticos de suavizado, que tanto estos métodos fueron insuficientes para asegurar la demanda, esta evaluación se hace para determinar si hay una diferencia entre usar 52 semanas contra 41 semanas.

Tabla 8. Porcentaje de insuficiencia.

Semanas	% de insuficiencia
41	44%
52	43%

En la tabla 8 se muestra la evaluación, durante el total de las semanas que se evaluaron los métodos de pronósticos de suavización, es decir que si se utilizan solo los modelos de pronósticos solo se alcanza a asegurar la venta en un 50 % de las ocasiones.

En las siguientes tablas 9,10 y 11 se muestra le evaluación de los métodos que se evaluaron durante este trabajo, siendo los siguientes:

Donde:

Método: Es cada uno de los métodos que se evaluarán.

No. De insuficiencias: Son las ocasiones en cada modelo no fue suficiente para asegurar la venta.

Kilos vs método actual: Son los kilos de todos los productos que se solicitarán de más o de menos en contra posición de seguir realizando los pedidos de la misma manera.

Pronóstico x 1.5: Es el pronóstico con el menor MSE para cada producto multiplicado por 1.5

Pronóstico x 1.6: Es el pronóstico con el menor MSE para cada producto multiplicado por 1.6

Pronóstico x 1.7: Es el pronóstico con el menor MSE para cada producto multiplicado por 1.7

Pronóstico x 1.8: Es el pronóstico con el menor MSE para cada producto multiplicado por 1.8

Pronóstico x 1.9: Es el pronóstico con el menor MSE para cada producto multiplicado por 1.9

Pronóstico x 2: Es el pronóstico con el menor MSE para cada producto multiplicado por 2

Percentil 80 x 1.4: Es el máximo calculado por el percentil 80 multiplicado por 1.4

Percentil 80 x 1.5: Es el máximo calculado por el percentil 80 multiplicado por 1.5

Percentil 80 x 1.6: Es el máximo calculado por el percentil 80 multiplicado por 1.6

percentil 90 x 1.3: Es el máximo calculado por el percentil 90 multiplicado por 1.3

Percentil 90 x 1.4: Es el máximo calculado por el percentil 90 multiplicado por 1.4

percentil 90 x 1.5: Es el máximo calculado por el percentil 90 multiplicado por 1.5

percentil 90 x 1.6: Es el máximo calculado por el percentil 90 multiplicado por 1.6

Max sugerido (Percentil 80): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 80.

Max sugerido (Percentil 85): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 85.

Max sugerido (Percentil 90): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 90.

Max sugerido (Percentil 95): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 95.

Max sugerido (Percentil 100): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 100.

Max sugerido (Percentil 80 x 1.2): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 80 por 1.2.

Max sugerido (Percentil 80 x 1.3): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 80 por 1.3.

Max sugerido (Percentil 80 x 1.4): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 80 por 1.4.

Max sugerido (Percentil 80 x 1.5): Es la combinación del promedio entre el doble de lo pronosticado y máximo calculado por el percentil 80 por 1.5.

Promedio x 1.5: Se refiere a utilizar el promedio de 3 semanas multiplicado por 1.5.

Promedio x 1.6: Se refiere a utilizar el promedio de 3 semanas multiplicado por 1.6

Promedio x 1.7: Se refiere a utilizar el promedio de 3 semanas multiplicado por 1.7

Promedio x 1.8: Se refiere a utilizar el promedio de 3 semanas multiplicado por 1.8

Promedio x 1.9: Se refiere a utilizar el promedio de 3 semanas multiplicado por 1.9

promedio x 2: Se refiere a utilizar el promedio de 3 semanas multiplicado por 2.

Tabla 9 Evaluación de los métodos en el año 2020.

Método	No. De insuficiencias	Kilos vs método actual
Pronostico x 1.5	21	-100516.90
pronostico x 1.6	17	-79277.60
pronostico x 1.7	13	-58038.30
pronostico x 1.8	11	-36799.01
pronostico x 1.9	8	-15559.71
Pronostico x 2	7	5648.27
Percentil 80 x 1.4	11	-65252.65
Percentil 80 x 1.5	8	-39776.83
Percentil 80 x 1.6	6	-14441.93
percentil 90 x 1.3	9	-58859.66
Percentil 90 x 1.4	6	-31148.38
percentil 90 x 1.5	5	-3437.09
percentil 90 x 1.6	5	24274.19
maximo sugerido (Percentil 80)	13	-80401.52
maximo sugerido (Percentil 85)	12	-74918.04
maximo sugerido (Percentil 90)	12	-68366.52
maximo sugerido (Percentil 95)	11	-58585.05
maximo sugerido (Percentil 100)	9	-48803.58
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.2)	10	-54962.68
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.3)	8	-44216.04
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.4)	7	-29802.19
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.5)	7	-17043.38
Prom x 1.5	26	-103472.24
Prom x 1.6	20	-82777.79
Prom x 1.7	16	-62083.34
Prom x 1.8	12	-41388.9
Prom x 1.9	9	-20694.45
Promedio 2	7	

Lo primero que se puede apreciar es que incluso el utilizar el método actual en ocasiones no se alcanza a garantizar la venta, después, que es lógico esperar que los métodos que más reducen el inventario a solicitar, son los que en mayor ocasión son insuficientes, por eso es necesario mostrar las ventajas y que la empresa decida qué es lo que más le conviene.

Tabla 10 Evaluación de los métodos en el año 2021.

Método	No. De insuficiencias	Kilos vs método actual
Pronostico x 1.5	23	-89680.74
pronostico x 1.6	15	-71877.21
pronostico x 1.7	11	-54073.68
pronostico x 1.8	10	-36170.16
pronostico x 1.9	9	-18466.63
Pronostico x 2	9	3520.16
Percentil 80 x 1.4	12	-599749.48
Percentil 80 x 1.5	12	-35945.15
Percentil 80 x 1.6	11	-50443.38
percentil 90 x 1.3	10	-26882.59
Percentil 90 x 1.4	9	-26882.59
percentil 90 x 1.5	9	-3321.8
percentil 90 x 1.6	7	20238.99
maximo sugerido (Percentil 80)	13	-67340.35
maximo sugerido (Percentil 85)	12	-65442.82
maximo sugerido (Percentil 90)	11	-58393.73
maximo sugerido (Percentil 95)	9	-45793.32
maximo sugerido (Percentil 100)	8	-33192.90
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.2)	10	-54962.68
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.3)	9	-44216.04
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.4)	7	-27651.8
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.5)	7	-22722.77
Prom x 1.5	29	-88723.14
Prom x 1.6	21	-70978.51
Prom x 1.7	17	-53233.88
Prom x 1.8	15	-35489.26
Prom x 1.9	14	-17744.63
Promedio 2	13	

Se muestra también el comportamiento en el año 2021, para buscar un modelo que sea “estable”, es decir que en los dos años sea insuficiente más o menos en las mismas ocasiones y ahorre el mismo inventario, lo que pudiera dar a la organización una mayor confianza, se observa también que tanto en el año 2020 y 2021 el utilizar pronósticos de suavización, son más confiables, ya que al compararlo contra su homologo, son en menor número de ocasiones insuficientes, por dar un ejemplo, el pronóstico con menor ECM multiplicado por 1.5 en este año son insuficientes en 23 ocasiones, mientras que solo utilizar el promedio de tres por 1.5 es insuficiente en 29 ocasiones.

Tabla 11 Evaluación de los métodos en los dos años.

Método	No. De insuficiencias	Kilos vs método actual
Pronóstico x 1.5	44	-190197.63
pronóstico x 1.6	32	-151154.81
pronóstico x 1.7	24	-112111.99
pronóstico x 1.8	21	-73069.17
pronóstico x 1.9	17	-34026.35
Pronóstico x 2	16	9168.44
Percentil 80 x 1.4	23	-125082.14
Percentil 80 x 1.5	20	-75721.97
Percentil 80 x 1.6	17	-29828.24
percentil 90 x 1.3	19	-109303.04
Percentil 90 x 1.4	15	-58030.97
percentil 90 x 1.5	14	-5758.89
percentil 90 x 1.6	12	44513.18
maximo sugerido (Percentil 80)	26	-147741.88
maximo sugerido (Percentil 85)	24	-140360.25
maximo sugerido (Percentil 90)	23	-126760.25
maximo sugerido (Percentil 95)	20	-104378.36
maximo sugerido (Percentil 100)	17	-81996.48
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.2)	20	-109925.36
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.3)	17	-88432.09
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.4)	14	-57453.99
maximo sugerido (Percentil 80 x 1.5)	14	-39766.14
Prom x 1.5	55	-189240.04
Prom x 1.6	41	-150256.11
Prom x 1.7	33	-111272.19
Prom x 1.8	27	-72288.26
Prom x 1.9	23	-33304.34
Promedio 2	20	

Esta es la evaluación final, se sumaron los dos años, y sería mucho de lo que se puede hablar, la empresa tendrá que decidir qué modelo utilizar, qué tanto desean sacrificar las ventas o el inventario, pero el objetivo de este trabajo es mostrar un modelo mejor de lo que ya se tiene, por lo que aquellos métodos que hayan sido insuficientes en una mayor cantidad que 20 o que su diferencia contra el método actual sea positiva o muy pequeña en relación a los kilos, no se le recomendará a la organización.

4. Conclusiones:

Dentro de las primeras conclusiones que se pueden mencionar, es que no existe un modelo perfecto, más aun tratándose de ventas cuando el mercado depende tanto del humor de los clientes, y de situaciones externas como pandemias o leyes públicas, para este trabajo se consideró insuficiente algún método, aún si solo faltaban .05 kilos para atender la demanda, esto porque la organización ya está muy comprometida con el tema de satisfacción al cliente, tanto así que estaban aplicando el método de dos semanas, aun sabiendo que estaban en la línea del tiempo de vida del producto. Habrá organizaciones en las que la naturaleza de sus productos les permita tener un inventario mayor, aunque se debe mencionar que tener cualquier tipo de inventario genera costos a las organizaciones y es dinero parado.

La segunda conclusión es, que utilizar modelos de pronósticos para cada producto en particular, aunque cuando no se analice su comportamiento de forma gráfica, si no con un error es mejor que utilizar el mismo modelo siempre, más en organizaciones como estas, en las que sus ventas son tan cambiantes, se puede hablar del caso de los congelados, tienen tanta variedad de papa congelada, que en cierto aspecto se puede decir que ellos mismos son sus competidores, siempre están innovando con nuevos productos, que tengan mejor calidad a un menor precio, por lo que es necesario no sobre inventariarse, porque luego el producto que ya no se desplazó se termina desperdiciando. Y por último que al combinar métodos de pronóstico con modelos de máximo, se reduce la variabilidad.

5. Referencias:

- [1]. Gómez Montoya, R. A., Zuluaga Mazo, A. y Vásquez Noreña, G. L. (2015) "Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos", *Ingenierías USBmed*, 6(2), p. 5.
- [2]. Hinostroza Huanay, C. (2016) "Manejo de pronósticos e inventarios para la mejora del desempeño de las operaciones en una empresa textil peruana". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial y Comercio. Universidad San Ignacio de Loyola.
- [3]. Correa Espinal, A. A., Gómez Montoya, R. A. y Cano Arenas, J. A. (2010). "Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC)", *Estudios Gerenciales, Scielo*. 26(117), pp. 145–171.
- [4]. Salas, K., Miguél, H. y Acevedo, J. (2017). 'Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro Inventory Management Methodology to determine the levels of integration and collaboration in supply chain', *Revista chilena de ingeniería*, 25(2), pp. 326–337.
- [5]. Gutiérrez, V. y Vidal, C. J. (2008). "Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la literatura". *Revista Facultad de Ingeniería*, (43), pp. 134–149.

- [6]. Enríquez Zárate, L. G. and Rodríguez Lozada, M. Á. (2020) “Beneficios de utilizar el Análisis ABC en la administración de inventarios en una Pequeña y Mediana Empresa (PyME) comercializadora en Tlaxcala, México”.
- [7]. Velásquez Arboleda, E.M. (2019) ‘Estudio del modelo de gestión de inventarios basado en máximos y mínimos.’, Estudio de Máximos y mínimos de Inventario para el control preventivo de Stocks. Universidad Santiago de Cali, Especialización en Gerencia Logística Integral pp. 1–29.
- [8]. Salazar P., C. and Del castillo G., S. (2018). FUNDAMENTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA. [online]. Available at: <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1570/Fundamentos%20B%c3%a1sicos%20de%20Estad%c3%adstica-Libro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [9]. Sridama, P. y Siribut, C. (2017). Decision Support System for Customer Demand Forecasting and Inventory Management of Perishable Goods. Journal of Advanced Management Science, pp.8–12
- [10]. Pinedo Chapa, J. M. y Eyzaguirre Munarriz, J. C. (2018) “Demanda Y Gestión De Inventarios Para La Planeación De Demanda En Prendas De Vestir Juvenil”.
- [11]. Benghiat, S., Ahmad M., Bobrove L., Martella S., Kiryakova S. (2019). “Forecasting Product / Item Demand”. John Molson School of Business BSTA 477: Managerial Forecasting Winter 2019.
- [12]. Niño Lagaudó, J. M. (2018). “Propuesta para la implementación de un método de pronóstico de la demanda del material de embalaje en una empresa distribuidora de dispositivos médicos”.
- [13]. Chandrakantha, Leslie. (2008). “USING EXCEL SOLVER IN OPTIMIZATION PROBLEMS”.
- [14]. Microsoft.com. (2019). “Definir y resolver un problema con Solver”. [online] Available at: <https://support.microsoft.com/es-es/office/definir-y-resolver-un-problema-con-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040> [Accessed 9 May 2021].
- [15]. Vizcaíno Castillo, Andrea Carolina; Romero Gelvez, Jorge Ivan. (2021) “Evaluación de métodos de pronósticos de demanda aplicados a un modelo de recolección de residuos hospitalarios en algunos centros médicos de la ciudad de Bogotá”. Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano.
- [16]. Scconini, L. (2019) Lean Manufacturing: paso a paso. 1ra edición. Marge Books.
- [17]. Sales, M. (2013). “Apuntes de la materia: planeación y control de proyectos”. EALDE Business School
- [18]. Rodríguez, F. (2017), Control de la calidad: herramientas de calidad [presentacion PP]. Disponible en: https://biblioteca.cunef.edu/files/docs/Harvard_Reference.pdf . Consultado [28 Enero 2021]

Mejora continua y simulación aplicados a un proceso de preparación de pedidos de una pyme textil

Cangran, Julieta*; Urrutia, Silvia*; Acosta, Esteban¹; Chiodi, Franco*; Leal, Fabiano²

* *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*

¹ *Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento*

² *Instituto de Engenharia de Producao e Gestao, Universidad Federal de Itajubá*
surrutia@fio.unicen.edu.ar; fchiodi@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

La mejora continua es una filosofía que puede ser aplicada a distintos tipos de organizaciones, generando en particular, un fuerte impacto en pequeñas y medianas empresas. En el presente trabajo se expone su aplicación en una pyme textil bonaerense, dedicada a la fabricación y comercialización mayorista de ropa para bebés, la cual se encuentra desarrollando una mejora de sus diversos procesos, a través de la interacción con la Facultad. Una de las problemáticas identificadas se refiere a la capacidad del proceso de preparación de pedidos, donde la empresa señala dificultades en el volumen de despacho dado que los pedidos son de tamaño variable con diversos ítems, lo que produce que la demanda creciente del mercado se encuentre insatisfecha. En este contexto, el objetivo de este trabajo consiste en aplicar la metodología Kaizen en el proceso de preparación de pedidos de la empresa en estudio, con el soporte de la simulación de eventos discretos para evaluar el impacto de las mejoras.

Para lograr este objetivo, se implementa en primer lugar la fase de planificación de la metodología Kaizen, contando con el apoyo de la simulación de eventos discretos. Para un diagnóstico de la problemática a abordar y el análisis de sus causas raíces se parte de un relevamiento del proceso bajo análisis mediante la técnica IDEF-SIM para posteriormente transferir el diagrama al modelo computacional, con el software de simulación FLEXSIM ®.

Como primeros resultados, la simulación arroja que la capacidad diaria del proceso es de 9 pedidos, siendo la capacidad requerida 16 pedidos diarios en promedio. Luego, el análisis Kaizen permite identificar y ponderar las principales causas raíces de esta problemática. A partir de allí, se plantean una serie de acciones con el fin de mejorar el proceso. Varias de estas acciones se traducen al modelo computacional, y se verifican mejoras en el sistema. Resultados preliminares de simulación señalan un aumento de capacidad de un 40%, mejorando la situación planteada, sin eliminar por completo el problema detectado.

Palabras Claves: kaizen, simulación, pyme, flexsim ®

ABSTRACT

Continuous improvement is a philosophy that can be applied to different types of organizations, generating in particular a strong impact on small and medium-sized companies. In the present work its application is exposed in a Buenos Aires textile SME, dedicated to the manufacture and wholesale marketing of baby clothes, which is developing an improvement of its various processes, through interaction with the Faculty. One of the problems identified refers to the capacity of the order preparation process, where the company indicates difficulties in the volume of dispatch given that the orders are of variable size with various items, which causes the growing market demand to be met unsatisfied.

In this context, the goal of this study is to apply the Kaizen methodology in the order preparation process of the company, with the support of the simulation of discrete events to evaluate the impact of the improvements.

To achieve this objective, the planning phase of the Kaizen methodology is implemented first, with the support of the simulation of discrete events. For a diagnosis of the problem to be addressed and the analysis of its root causes, we start from a understanding of the process under analysis using the IDEF-SIM technique to later transfer the diagram to the computational model, with the FLEXSIM ® simulation software.

As first results, the simulation shows that the daily capacity of the process is 9 orders, the required capacity being 16 daily orders on average. Then, the Kaizen analysis allows to identify and weigh the main root causes of this problem. From there, a series of actions are proposed in order to improve the process. Several of these actions are translated into the computational model, and improvements in the system are verified. Preliminary simulation results indicate an increase in capacity of 40%, improving the situation, without completely eliminating the problem detected.

Keywords: kaizen, simulation, SME, Flexsim ®

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, muchas organizaciones buscan la satisfacción de sus clientes en forma inmediata, con productos de excelente calidad, e incluso diseñados con la intervención de ellos mismos. El caso de “La Farolera”, empresa dedicada a la fabricación de ropa infantil de 0 a 36 meses, es uno de ellos. Su objetivo es cumplir con las expectativas y requisitos de los clientes, buscando entregar los pedidos lo más rápido posible, incluso el mismo día del pago, enfrentándose al problema de no poder satisfacer la demanda del mercado por estar su capacidad de preparación de pedidos limitada.

Kaizen es una filosofía que ayuda a mejorar la productividad de las empresas. El ciclo PDCA, consta de cuatro etapas (planificar, ejecutar, verificar y actuar), se aplicará la primera en la cual se logra definir la problemática en cuestión y los objetivos a corto plazo, considerando sumamente oportuno realizar un análisis de causas raíces, para luego proponer acciones para la mejora mediante un plan de trabajo.

La simulación es un instrumento que proporciona al usuario la oportunidad de desarrollar un modelo basado en un sistema real, prediciendo acciones resultantes con los datos recolectados previamente, además permite evaluar el impacto de diferentes tipos de estrategias y/o escenarios.

Una vez identificada y definida la problemática, se simulará la situación actual de la empresa a través del uso del Software FlexSim® analizando los resultados, en los cuales se espera obtener la cantidad de pedidos preparados en el sector de despacho de la organización en una jornada laboral de ocho horas. Luego se simularán las acciones de mejora propuestas, buscando las diferencias obtenidas entre ambos resultados, esperando mejorar la situación inicialmente planteada aumentando la capacidad diaria de este día.

1.1. Objetivo general

En este contexto, el objetivo del trabajo es proponer acciones para el aumento de la capacidad de despacho en la empresa seleccionada a través del método Kaizen, validando los resultados obtenidos mediante la simulación de eventos discretos.

1.2. Objetivos específicos

En primera instancia se deberá definir la problemática del sector a analizar y el objetivo de mejora. Luego, a partir de la recolección de aquellos datos que se consideren pertinentes se realizará un estudio del proceso, obteniendo un modelo conceptual de la situación actual para trasladarlo a un modelo computacional, como base para la identificación y análisis de las causas raíces del problema. Para ello, será necesario en primer lugar desarrollar una validación de ambos modelos antes citados.

Con la problemática definida, se deberán identificar y ponderar las causas raíces de la misma, a través de diversas herramientas. Con estas causas ya identificadas, se procederá a la propuesta de acciones para mejorar la situación inicialmente planteada y tratar la problemática en cuestión. Para finalizar, se simularán las mejoras propuestas analizando los resultados, como base para medir la efectividad de dichas mejoras.

2. MARCO TEÓRICO

La mejora continua (Kaizen) es una filosofía japonesa que abarca todas las actividades del negocio, se le conceptualiza también como una estrategia de mejoramiento permanente. La mejora puede referirse a los costos, el cumplimiento de las entregas, la seguridad y la salud ocupacional, el desarrollo de trabajadores, los proveedores y los productos, entre otros [1].

La importancia de esta técnica gerencial radica en que con su aplicación se puede contribuir a superar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización. A través del mejoramiento continuo la organización logra ser más productiva y competitiva en su sector de mercado. El punto de partida para el mejoramiento es saber identificar un problema u oportunidad de mejora, es decir todo resultado o estado que difiere de su meta o estándar preestablecido. Esta técnica enfatiza el reconocimiento de problemas, proporciona pistas para la identificación de éstos y es un método para su resolución [1]. Entre las características del proceso del Kaizen se encuentran:

- Motiva la participación de los trabajadores en la solución de los problemas.
- Fortalece el trabajo en equipo y eleva el nivel de inteligencia emocional de la organización.
- Promueve el pensamiento orientado al proceso, ya que al mejorar los procesos se mejoran los resultados.
- No requiere necesariamente de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas; solo se necesitan técnicas sencillas, como las siete herramientas del control de calidad.
- La resolución de problemas enfoca las causas-raíz.
- Busca elevar la calidad y productividad de los procesos, y su principal motivación es la satisfacción de los clientes.

Las etapas genéricas del proceso de mejora continua se basan en el Ciclo **PDCA** (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) creado por Shewart y dado a conocer por Deming a la alta dirección japonesa en la década de 1950. Las principales actividades de mejora comprendidas en cada ciclo son:

Tabla 1. *Actividades de mejoras de cada ciclo.*

Planificar	Hacer
<ul style="list-style-type: none"> – Designar y capacitar al personal involucrado. – Revisar los procesos y medir los resultados. – Determinar las necesidades de los clientes. – Relacionar el desempeño de procesos y las necesidades de los clientes. – Determinar las oportunidades de mejora. – Establecer las metas. – Proponer el plan y preparar al personal para el despliegue. 	<ul style="list-style-type: none"> – Implementar el plan de mejora. – Recopilar los datos apropiados.
Verificar	Actuar
<ul style="list-style-type: none"> – Medir y analizar los datos obtenidos luego de implantar los cambios. – Comprender si nos estamos acercando a la meta establecida. – Revisar y resolver los asuntos pendientes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Incorporar formalmente la mejora al proceso. – Estandarizar y comunicar la mejora a todos los integrantes de la empresa. – Estar atentos a las nuevas oportunidades de mejora.

La simulación es la representación de algún proceso o sistema real a través del tiempo, la simulación involucra la generación de un historial artificial de un sistema y su observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real [3]. Asimismo, de acuerdo con [4] la simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante la evolución numérica usando un software diseñado para imitar las operaciones o características del sistema, a menudo en el transcurso del tiempo. [2]

Una vez desarrollado, validado y verificado el modelo de simulación, éste puede ser utilizado para investigar una amplia variedad de preguntas del tipo ¿Qué pasa si...?, acerca del mundo real [4]. Una vez realizado lo anterior, se procede con la planeación de los experimentos que se harán mediante el modelo de simulación establecido. Después de haber concluido el modelo de simulación, los dueños del sistema real tendrán una herramienta que les permitirá proyectar distintos escenarios de simulación en diferentes periodos de tiempo. De esta manera, los modelos de simulación pueden ser utilizados tanto como un instrumento de análisis para predecir los efectos de cambios en sistemas existentes en lapsos de tiempo distintos. [2]

FlexSim® es un software de simulación de eventos discretos o de flujos continuos. Es una de las más poderosas herramientas para modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso imaginable: desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro, y mucho más. Este software destaca por su facilidad de uso, un gran rendimiento y visualización 3D, y una mayor extensibilidad. Como resultado, proporciona soluciones a los negocios, ofreciendo un alto grado de personalización (aparte de la gran biblioteca que dispone internamente) e identificando los cuellos de botella. El cliente puede comprobar fácilmente toda la estructura del negocio a través de gráficos y tablas.

Una de las razones para usar FlexSim® es que esta herramienta puede reducir significativamente los estudios que se necesiten ejecutar para tomar decisiones. Eso lo logra al poder simular con diferentes datos; para así poder comparar resultados, disminuir tiempos, maximizar producción y mejorar la rentabilidad del proceso que el usuario necesite. Se han identificado estudios de simulación en empresas textiles, como en [6].

3. DESARROLLO

“La Farolera” es una empresa textil que ha crecido mucho en los últimos años. Ubicada en la ciudad de Olavarría, confecciona más de 300 productos de indumentaria destinados a niños de 0 a 36 meses de edad. Sus ventas son solo al por mayor, y reciben pedidos de más de 100 clientes activos ubicados en todo el territorio nacional.

Cuenta con un equipo de trabajo conformado por sus dos dueñas, una community manager, cuatro empleadas en planta, ocho costureras tercerizadas distribuidas en la ciudad y un cadete.

A inicios de 2021, se mudaron a una nueva planta productiva, lo que generó cambios significativos en su forma de trabajar, logrando así aumentar el volumen de producción y ventas.

El proceso productivo comienza con la recepción de la materia prima (telas, bolsas, etiquetas, etc.), sigue con el marcado de la tela según los moldes de las prendas a producir, y en la misma mesa de trabajo se realiza el cortado con ayuda de una máquina industrial. El siguiente paso

está a cargo del cadete, y consiste en la distribución de los recortes a las distintas costureras externas a la empresa, que se encargan de coser y confeccionar las prendas según indicaciones brindadas por la encargada. El cadete recoge los productos ya terminados y los transporta hasta la fábrica, donde se realiza el control de calidad, la colocación de broches, el planchado, el etiquetado y el empaquetado de los mismos. Se preparan los pedidos que van entrando al sistema, una vez confirmada la recepción del pago, se realiza un checklist del pedido y se despacha a través de la empresa de distribución elegida por el cliente.

Según su registro histórico del mes de abril del año 2020, la cantidad de pedidos recibidos fueron 312, de 20 prendas promedio cada uno, lo que se traduce a una media de 16 pedidos por día, considerando los días hábiles del correspondiente mes.

Se plantea la necesidad de trabajar en el subproceso de despacho de los pedidos, ya que es la actividad más crítica que ocurre diariamente en la organización por no lograr preparar la cantidad de pedidos recibidos, dado que la política comercial de la empresa consiste en despachar los pedidos el mismo día en que fueron recibidos.

Este subproceso está compuesto por las siguientes operaciones:

- Recolección de las prendas que indica el pedido, en estanterías
- Control de calidad de la prenda (Inspección visual)
- Colocación de broches a las prendas (en caso de ser necesario)
- Planchado de la prenda
- Etiquetado de la prenda
- Empaquetado de la prenda
- Colocación de la prenda empaquetada en caja
- Se tilda la prenda en el pedido
- Confirmación del pago del pedido
- Se controla que el pedido esté completo y se cierra

A continuación (Figura 1), se puede observar el recorrido de la actividad analizada en el Layout de dicho sector.

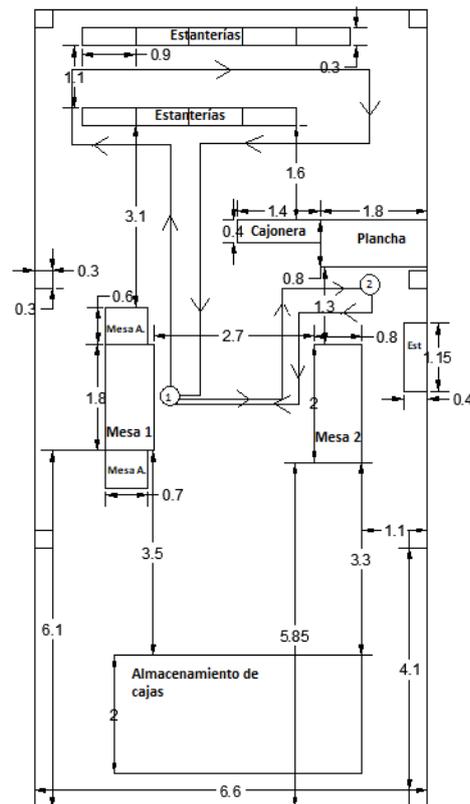


Figura 1. Layout, sector de despacho de pedidos.

Como se mencionó la empresa tiene un significativo problema en cuanto a la capacidad en el sector de despacho de pedidos, éstos son de tamaño variable, con diversos ítems y consecuentemente la demanda en el mercado no logra ser satisfecha. En promedio, actualmente, se preparan 9 pedidos diarios, representando un 56,25% de la totalidad de pedidos recibidos.

Siendo el objetivo aplicar la metodología Kaizen en este proceso con el soporte de la simulación de eventos discretos, se inicia la fase de Planificar. Para ello, se recolectó toda la información necesaria para realizar un modelado conceptual de la situación, en este caso se utilizó

la herramienta IDEF-SIM. A continuación, se puede observar el diagrama elaborado, que fue validado con la responsable de la planta (Figura 2).

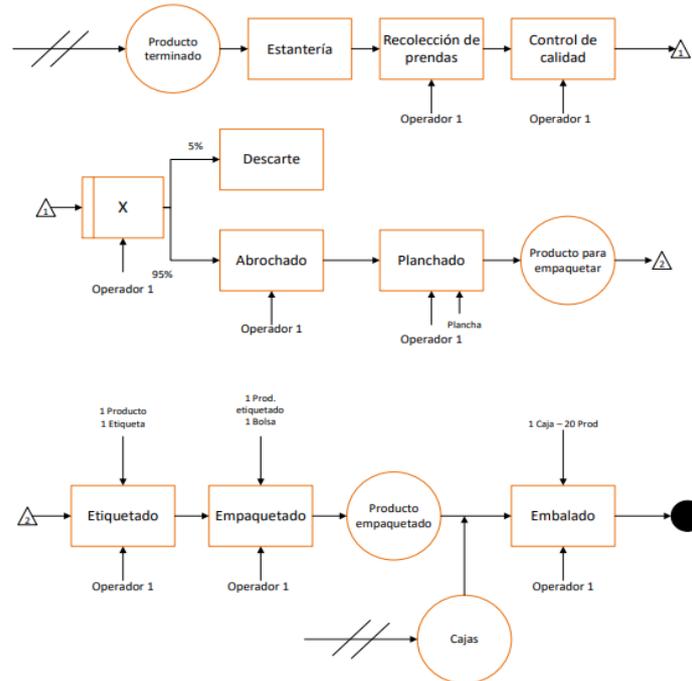


Figura 2. Modelo conceptual.

Para acompañar, se realiza una recolección de datos, que corresponde a los tiempos de cada operación y unidades procesadas (Tabla 2). En este primer modelo se trabajan con datos determinísticos para facilitar el estudio de la situación planteada.

Como próximo paso, se procede a realizar el modelo computacional (Figura 3), utilizando el software Flexsim®, con el objetivo de medir la cantidad de pedidos que pueden ser despachados por día en la empresa. Se añadieron todos los recursos pertinentes para representar las actividades que se realizan en el sector de preparación de pedidos, luego se programó cada uno de ellos, en función a los tiempos de operación y las cantidades procesadas, los mismos se pueden ver en la tabla 2. Por último, se ejecutó la simulación. En este caso se realizó el análisis considerando un solo trabajador en el sector.

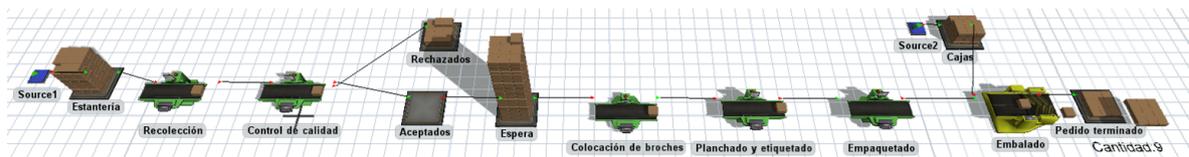


Figura 3. Modelo computacional, FlexSim®.

Tabla 2. Tiempos de operación y unidades procesadas.

Actividad	Tiempo (min)	Unidades procesadas
Recolección	1	1
Control de calidad	1	1
Colocación de broches	1	1
Planchado y etiquetado	2	1
Empaquetado	1	1
Embalado	1	1

Los resultados fueron totalmente esperados. Hoy en día la empresa está en condiciones de despachar 9 pedidos, de 20 prendas cada uno en promedio. Se consideró necesario realizar una validación de ambos modelos, para verificar la autenticidad de la información recolectada y utilizada.

Las causas raíces de un problema son las principales causas que lo generan y sobre las que se deberá trabajar, proponiendo mejoras para mitigar el problema o bien reducirlo. Para hallar las causas raíces se utilizaron diversas herramientas de calidad. Dada la naturaleza de los datos existentes las herramientas a utilizar fueron del tipo cualitativas. Se comenzó con una lluvia de ideas, en la cual se obtuvo una gran cantidad de posibles causas que generan la problemática en cuestión.

A partir de la serie de ideas obtenidas, se puede aplicar la herramienta Diagrama de afinidad, que consiste en organizar la información reunida y agrupar aquellos elementos que están

relacionados de forma natural. Se obtuvieron cuatro grupos. Las posibles causas junto con el grupo al que pertenecen se pueden ver en la Tabla 3.

Tabla 3. Posibles causas - Grupos.

Causas	Grupo	Causas	Grupo
Desorden en el lugar de trabajo	1	Falta de claridad en las tareas a realizar	2
Falta de bienes muebles	1	Falta de identificación de dueños de procesos	2
Desorganización de las tareas	2	Falta de conocimiento del proceso por parte del personal	2
Personal escaso	3	Trabajo a contrarreloj por no disponer del producto ya empaquetado	4
Lentitud en la realización de las actividades	3	Dependencia a la demanda (tirón de la demanda)	2
Stock faltante de producto terminado	4	No llevar adelante un registro histórico detallado de los pedidos	2
Desincronización de las partes involucradas	2	Falta de capacitación del personal	2
Incumplimiento de los trabajadores externos (costureras)	3	Herramientas desactualizadas (plancha, abrochadora, etc.)	1
Fallas en los productos debido a las personas	3	Falta de supervisión	2
Incorrecta disposición de muebles	1	Falta de comunicación entre organización y trabajadores externos (costureras)	2
Inadecuado diseño del puesto de trabajo (ergonomía)	1	Contraste entre ingreso de pedido y preparación del mismo.	4
Falta de compromiso de trabajadores externos	3	Falta de motivación del personal	3
Falta de estandarización de los procesos	2	Fallas en los productos debido a los equipos	1

Una vez agrupadas las ideas por afinidad, el paso siguiente consiste en dar nombre a las categorías. Tales categorías se detallan a continuación:

Grupo 1: infraestructura

Grupo 2: dirección

Grupo 3: personas

Grupo 4: producto

Como complemento de esta herramienta se realiza un Diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, muy útil para encontrar las causas raíces de un problema específico (efecto). Este permite organizar gran cantidad de información recolectada sobre el problema con las herramientas Lluvia de ideas y Diagrama de Afinidad, y determinar exactamente las posibles causas, aumentando así la posibilidad de identificar las principales. Para llegar a la causa raíz se deben desglosar las diferentes causas mediante el uso de la herramienta "5 ¿Por qué?", la cual es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para trabajar en varios niveles de detalle. A continuación, se puede observar el diagrama de espina de pescado obtenido (Figura 4).

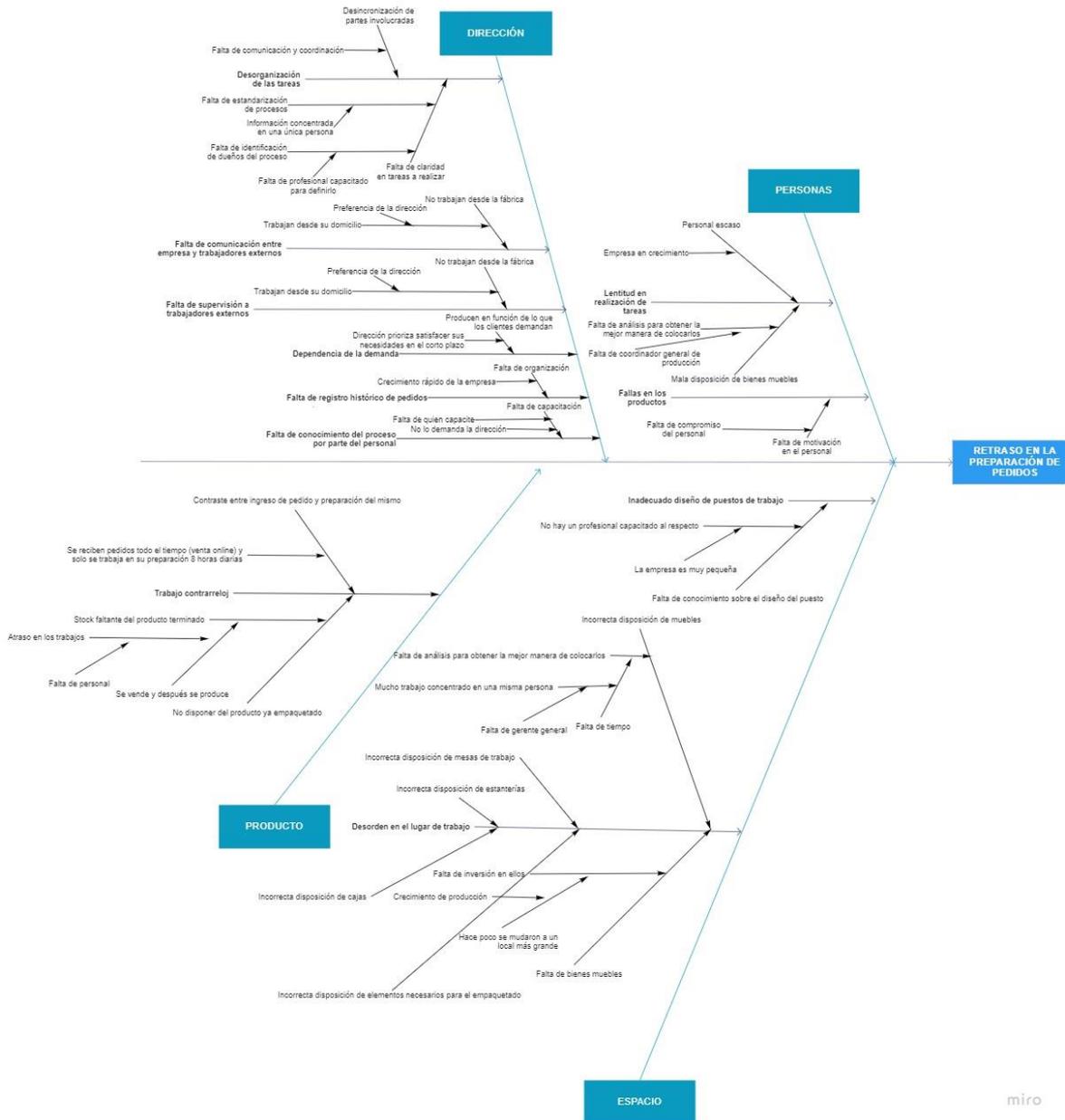


Figura 4. Espina de pescado. Elaborada en Miro, versión libre.

Como siguiente paso, se aplica una herramienta de la calidad de naturaleza cuantitativa, llamada Matriz de ponderación. Se busca cuantificar las causas raíces que fueron detectadas con las herramientas anteriores estableciendo criterios específicos para evaluarlas. Los criterios utilizados fueron: Impacto en el cliente, Impacto en el proceso y Visibilidad. Esta última se cuantifica de forma inversa a las anteriores, es decir, cuando un problema es poco visible se le pone el valor máximo, de manera que aumente su ponderación y pueda ser trabajado. A cada uno de estos criterios, se les asignó un peso específico y a cada causa una calificación por peso, de manera de poder representar el hecho de que no todos tienen el mismo peso relativo. La escala o rango de trabajo elegido va de 0 a 5. En la matriz, los pesos se asignaron teniendo en cuenta que lo más importante es el cliente. Esto significa que los pesos bajos se deben a que se trata de situaciones de falla interna; en cambio, los pesos altos se corresponden con situaciones de fallas externas, ya que el cliente encuentra el problema y reclama o simplemente no vuelve a comprar, siendo lo más costoso para la empresa.

Tabla 4. Matriz de ponderación.

Matriz de ponderación							
Causas raíces	Impacto en el cliente	Peso	Impacto en el proceso	Peso	Visibilidad	Peso	Total
Incorrecta disposición de mesas de trabajo	1	5	5	4	5	4	45
Incorrecta disposición de estanterías	1	5	5	4	5	4	45
Incorrecta disposición de cajas	1	5	5	4	5	4	45
Incorrecta disposición de elementos necesarios para el empaquetado	1	5	5	4	5	4	45
Satisfacen sus necesidades en el corto plazo (de los clientes)	5	5	4	4	1	4	45
Se reciben pedidos todo el tiempo (venta online) y solo se trabaja en su preparación 8 horas diarias	4	5	5	4	1	4	44
Falta de coordinador general de producción	1	5	4	4	4	4	37
Falta de comunicación y coordinación	1	5	3	4	5	4	37
Falta de personal que capacite	1	5	4	4	4	4	37
Falta de compromiso	1	5	3	4	5	4	37
Preferencia de la dirección	3	5	2	4	1	4	27
La empresa creció muy rápido	1	5	3	4	2	4	25
Creció la producción	0	5	5	4	1	4	24
Empresa en crecimiento	1	5	3	4	1	4	21
La empresa es muy pequeña	0	5	3	4	1	4	16

De esta manera se obtuvo que las causas raíces con mayor valor total son:

- Incorrecta disposición de mesas de trabajo.
- Incorrecta disposición de estanterías.
- Incorrecta disposición de cajas.
- Incorrecta disposición de elementos necesarios para el empaquetado.
- Satisfacen las necesidades de los clientes en el corto plazo.
- Se reciben pedidos todo el tiempo (venta online) y solo se trabaja en su preparación 8 horas diarias.

El peso de estas causas, representa un 50.7% del peso total de las causas raíces encontradas.

Para proponer soluciones a estas primeras cuatro causas raíces se procede a analizar el Layout actual del sector de empaquetado.

La distancia recorrida por un trabajador para preparar un pedido actualmente es de 40 a 44 metros aproximadamente, teniendo en cuenta que el recorrido comienza desde la mesa de trabajo al sector de almacenamiento de cajas para elegir la más adecuada, de allí vuelve a su mesa y se traslada hasta las estanterías donde recolecta la ropa que necesita para armar el pedido, ya con toda la ropa en la mesa de trabajo se mueve hasta la cajonera para buscar todos los elementos necesarios para el etiquetado y empaquetado, y si es necesario planchar alguna prenda se mueve desde su mesa hasta la plancha.

Para las propuestas de mejora se tendrán en cuenta los aspectos del Lay Out, ergonómicos, recorrido del trabajador con sus actividades, y tiempos y equipos que utiliza. Todos ellos considerados los más indicados para tratar esta oportunidad de mejora.

En la nueva propuesta de Layout, mostrado en la Figura 5, se puede observar la disposición de las estanterías en forma de L invertida y las mesas de trabajo enfrentadas con la cajonera a un lado de ellas; sobre ésta es oportuno colocar todos los elementos necesarios para empaquetar el pedido, como bolsas, etiquetas, tijeras, etc. La plancha se ubicará a un costado de las mesas, a una corta distancia sin interrumpir el paso hacia el sector donde se colocarán las cajas de pedidos ya preparadas. En este mismo sector, habrá una mesa que servirá de ayuda y soporte para la actividad de control de pedidos y colocación de etiqueta de envío.

El recorrido que deberá hacer un trabajador partiendo de su mesa de trabajo con el pedido en mano, es moverse hasta el sector de almacenamiento de cajas, el cual estará dividido en tres áreas según los tamaños (pequeño, mediano, grande), de allí pasará por las estanterías que se encuentran ubicadas en forma horizontal y luego por las verticales recolectando toda la ropa que necesita empaquetar y volverá a su mesa de trabajo donde deberá moverse unos pocos centímetros para poder recolectar todo aquello que necesita para realizar el etiquetado y empaquetado. Si es necesario realizar el planchado a una prenda, se desplazará hasta la plancha. Una vez terminado

el pedido lo llevará hasta el sector donde se encuentra la mesa auxiliar para su posterior control, cerrado y etiquetado.

Con este nuevo Layout se recorren entre 25 y 26 metros, por lo que se está en presencia de un gran ahorro de distancia, unos 19 a 20 metros. Cabe destacar que sería sumamente importante que todos los productos que ingresan a la fábrica sean colocados en las estanterías por el cadete, para mantener el orden y lograr los resultados esperados con las medidas propuestas. Además, se puede observar que se obtuvo un espacio libre, en el cual se propone realizar el descanso de las telas del sector de corte, ya que sus medidas son 4.1x6.6 metros.

A continuación, se muestra el Layout propuesto, con el fin de dar solución a la incorrecta disposición de mesas de trabajo, estanterías, cajas y elementos necesarios para el empaquetado.

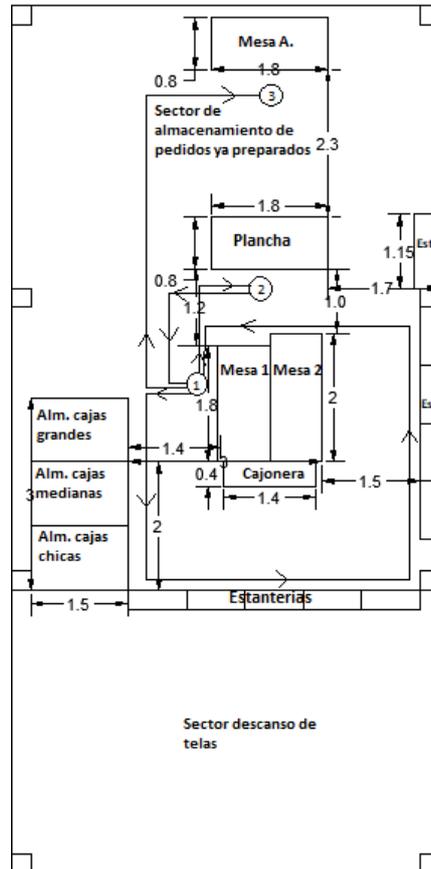


Figura 5. Layout propuesto.

Con respecto a la ergonomía se recomienda que las mesas tengan una altura apropiada, es decir, para un trabajo poco forzoso, estas serán de entre 85 y 95 cm, para que el personal se encuentre cómodo trabajando de parado. De la misma manera, es ideal contar con un asiento para que también pueda realizar su trabajo sentado, respetando la altura de la mesa.

No es conveniente que las cajas donde se preparan los pedidos se encuentren en el piso mientras se arman los mismos ya que requiere que el personal realice movimientos hacia la caja encorvando su cuerpo. Se propone ubicarlas sobre soportes a una altura de 50 a 55 cm del suelo, sobre un área de 60x60cm. Para el control de pedidos sería oportuno contar con la caja a unos 70 o 75 cm del suelo, sobre un área similar a la anterior, para evitar el mismo inconveniente. Esto permite conservar la integridad física del personal y disminuir movimientos en su actividad.

Con respecto a las causas restantes, se recomienda comenzar la preparación del pedido una vez recibido el pago del mismo y dar a conocer al cliente que el despacho puede demorar entre 1 y 2 días aproximadamente. De esta manera, también se conseguirían evitar las situaciones en las que los clientes no cumplen con el pago, por lo que la empresa debe desarmar el pedido y guardar cada artículo en su lugar correspondiente.

También, sería ideal realizar una planificación de la producción de una determinada temporada varios meses antes y tener un feedback con los clientes para conocer sus opiniones acerca de esta planificación, permitiendo realizar modificaciones con tiempo en caso de ser necesario. Estas dos últimas actividades estarán a cargo de la community manager de la organización, quien es la encargada de darle forma a las redes sociales en cuanto a contenido representando así la esencia de la marca.

A continuación, en la Tabla 5, se muestra el plan de acción para realizar todas aquellas actividades ligadas a las mejoras propuestas.

Tabla 5. Plan de acción.

Acción de mejora	Responsable	Plazo (día)	Lugar	Recursos		
				Dinero	Tiempo (hs)	Personas
Dar a conocer la propuesta de producción, para obtener feedback	Community manager	15	Redes sociales	-	8	3
Agregar tiempo de demora de despacho de pedido	Community manager	1	Página web	-	3	1
Solicitar confección de soporte de caja a tercero	Dirección	1	Administración	-	1	1
Re - posicionar estanterías	Dirección/ Sector corte	2	Sector de corte	-	3	4
Enfrentar mesas	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	1	2
Colocar asientos de las mesas	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,2	1
Mover cajonera hasta el lugar indicado	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,15	2
Colocar sobre cajonera elementos necesarios para empaquetar	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,3	1
Mover la plancha hasta el lugar indicado	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,15	2
Colocar mesa 3 en el lugar indicado	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,1	2
Colocar soportes de cajas en sus lugares correspondientes	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,15	1
Marcar y delimitar el sector de almacenamiento de cajas	Dirección/ Sector corte	1	Sector de corte	-	0,45	2

Es imprescindible que desde la dirección se les comunique a los empleados las medidas de mejora adoptadas y se le transmita la importancia de aplicarlas, ya que de este modo y trabajando con responsabilidad se logran beneficios en conjunto. A los empleados se les deberá dar una correcta capacitación y a su vez brindarles motivación para que asuman el compromiso.

Para validar las mejoras propuestas, el siguiente paso consiste en simular una jornada de trabajo con algunas de las propuestas anteriormente mencionadas, como de Layout y ergonómicas. Nuevamente se introducen los recursos necesarios en el software Flexsim®, quienes representan las actividades del sector, con los nuevos tiempos estimados de operación y las unidades procesadas, los cuales se pueden ver en la Tabla 6.

Tabla 6. Actividades, tiempos estimados de operación y unidades procesadas.

Actividad	Tiempo (min)	Unidades procesadas
Recolección	0.5	1
Control de calidad	1	1
Colocación de broches	0.5	1
Planchado y etiquetado	1.5	1
Empaquetado	1	1
Embalado	0.5	1

Como resultado se obtuvo que la organización está en condiciones de despachar 13 pedidos en una jornada laboral con las mejoras propuestas, como señala la Figura 6. Si bien la problemática de capacidad no se soluciona por completo, se logró aumentar la misma en un 40% aproximadamente, lo que permite satisfacer un 81,25% de la demanda del mercado.

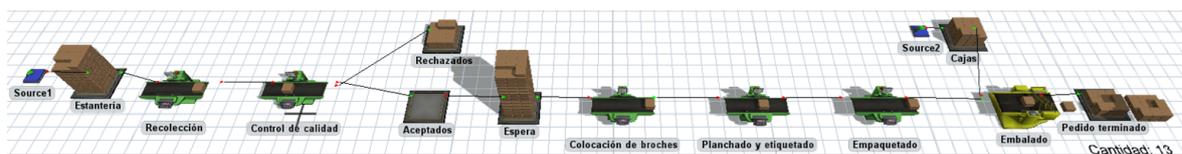


Figura 6. Modelo computacional, FlexSim®.

3. CONCLUSIONES.

A partir de un profundo análisis de la situación actual de la empresa en cuestión y utilizando herramientas de calidad se pudieron encontrar las causas raíces que generan el problema de capacidad detectado en la preparación de pedidos. Gran parte de dichas causas se encuentran estrechamente relacionadas con la ubicación de las estaciones de trabajo y elementos que hacen que los tiempos de operación sean demasiados extensos. Así mismo se observó un cierto grado de desorganización en las tareas.

Tanto la situación inicial como las mejoras propuestas fueron simuladas obteniendo el número total de pedidos preparados para cada una de ellas. A partir de una comparación entre los resultados de ambas simulaciones, se lograría aumentar la cantidad de pedidos diarios despachados en un 40% aproximadamente, dando respuesta a la demanda del mercado que se encontraba insatisfecha. Este porcentaje puede ser mejorado aún más si se atacan las otras acciones de mejoras, presentadas en el Plan de acción, que no pudieron ser incluidas en la simulación actual.

Para concluir se puede afirmar que se logró dar respuesta al problema detectado en la fase de la mejora continua “Planificar” gracias a las herramientas utilizadas. Las herramientas de calidad resultaron muy útiles para detectar y dar solución a problemas u oportunidades de mejoras que surgen diariamente en las organizaciones, como así también la simulación de eventos discretos vía FlexSim®, el cual permitió analizar y visualizar el proceso de una manera simple, dando soporte a las soluciones propuestas.

4. REFERENCIAS.

- [1] Bonilla, Elsie; Díaz, Bertha; Kleeberg, Fernando; Noriega, María Teresa. (2010). *Mejora continua de los procesos, herramientas y técnicas*. Lima, Perú. Primera edición. Fondo editorial. Lima, Perú.
- [2] Simón Marmolejo, Isaías; Robles Santana, Francisca; Granillo Macías, Rafael; Piedra Mayorga, Víctor Manuel. (2013) “La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido”. *Científica*. 17, 1, 49. Distrito Federal, México.
- [3] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, y D. M. Nicol. (2005). *Discrete-Event System Simulation*. Cuarta edición. Prentice Hall. USA.
- [4] D. W. Kelton, R. P. Sadowski, y D. T. Sturrock (2008). *Simulación con Software Arena*. México. Cuarta edición. Mc Graw - Hill. México.
- [5] Díaz Martínez, M. A; Zárate Cruz, R. (2018). “Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba”. *Revista Científica Del Instituto Politécnico Nacional de México*, 22, 2, 17. México.
- [6] Carlos Henrique dos Santos; Gustavo Teodoro Gabriel; José Antonio de Queiroz; José Arnaldo Barra Montevechi; Afonso Teberga Campos (2020). “Uso de simulación integrada con conceptos de Lean y principios de la Industria 4.0: Una propuesta de gemelo digital para planificación operativa en una industria textil”. Enegep 2020, Foz de Iguazú, Paraná, Brasil.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al equipo de trabajo de “La Farolera Kids”, quienes brindaron todos los datos necesarios e instalaciones para relevar procesos.

Optimización de la cadena de suministro forestal para la producción de bioenergía y productos de alto valor agregado integrando decisiones de planificación forestal

Frank Piedra-Jiménez ^{1,*}, Natalia G. Tassin ¹, Juan M. Novas ^{2,3}; María Analía Rodríguez ¹

¹ Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos y Química Aplicada (IPQA) Universidad Nacional de Córdoba-CONICET, Córdoba 5000, Argentina

² Centro de Investigación y Estudios de Matemática (CIEM) Universidad Nacional de Córdoba-CONICET, Córdoba 5000, Argentina

³ Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS) Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Córdoba, Córdoba 5000, Argentina

RESUMEN

Los sistemas forestales y las industrias asociadas a ellos generan una cantidad importante de residuos lignocelulósicos que no son aprovechados adecuadamente. Estos residuos pueden ser utilizados como fuente importante de materia prima por las biorrefinerías para la producción de biocombustibles y de productos químicos con alto valor agregado. El presente trabajo aborda el diseño óptimo de la cadena de suministro de biomasa forestal donde se modelan integralmente los siguientes aspectos: (1) la integración de la producción de bioelectricidad (mediante la incorporación de sistemas de cogeneración de vapor y energía (por sus siglas en inglés *CHP*) y químicos con alto valor añadido (como por ejemplo, furfural y ácido levulínico) con las industrias forestales tradicionales; (2) la dinámica específica de la generación de biomasa de los sistemas forestales, un aspecto relevante en el modelado de la cadena de suministro forestal (*CSF*). Para ello, la *CSF* se modela a través de programación disyuntiva generalizada y posteriormente el problema es reformulado como un modelo lineal entero mixto. Se determinan: la ubicación, tamaño, tecnología y perfil de capacidad de las instalaciones a lo largo de la *CSF*; la superficie de la tierra a cosechar para cada especie arbórea considerada y los flujos de biomasa entre cada uno de los enlaces de la cadena. Se utiliza GAMS 24.1 como herramienta para el modelado y la resolución del problema. A fin de validar el modelo propuesto, se desarrolla un caso de estudio representativo de la industria nacional.

Palabras Claves: Diseño de Cadena de Suministro, Optimización, Biorrefinería forestal, Programación Disyuntiva Generalizada

ABSTRACT

Forest systems and their associated industries generate a significant amount of lignocellulosic waste that is not used properly. These wastes can be utilized as an important source of raw materials by biorefineries for the production of biofuels and chemical products with high added value. The present work addresses the optimal design of the forest biomass supply chain where the following aspects are integrally modeled: (1) the integration of bioelectricity production (through the incorporation of *CHP* systems) and chemicals with high added value (for instance, furfural and levulinic acid) with traditional forest industries; (2) the specific dynamics of biomass generation in forest systems, a relevant aspect in modeling the forest supply chain (*FSC*). For this purpose, the *FSC* is modeled using generalized disjunctive programming and, afterwards, it is reformulated as a mixed integer linear model (MILP). The model determines: the location, size, technology and capacity profile of the facilities throughout the *FSC*; the land area to be harvested for each tree species considered and the biomass flows between each of the links in the chain. GAMS 24.1 is used as a tool for modeling and solving the problem. In order to validate the proposal, a representative case study of the national forest industry is tackled.

Keywords: Supply Chain Design, Optimization, Forest Biorefinery, Generalized Disjunctive Programming.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible requiere un uso eficiente de los recursos disponibles, siendo fundamental para ello el desarrollo de la bioeconomía circular. La bioeconomía utiliza los recursos renovables de base biológica para producir energía, productos y materiales en todos los sectores económicos posibles [1]. En este contexto, la biomasa, las biorrefinerías y los bioproductos se identifican como vías clave para disminuir el consumo de combustibles fósiles y promover la bioeconomía circular. En particular esta economía incluye el enfoque de biorrefinación que se ha convertido en una alternativa atractiva para agregar valor a los residuos forestales [2], dado que el sector forestal se caracteriza por la generación de una gran cantidad de biomasa lignocelulósica a diferentes niveles.

En Argentina, hay aproximadamente 20 empresas de celulosa y/o papel y 2.026 aserraderos. Estas instalaciones de procesamiento produjeron en 2015 3,1 millones de metros cúbicos de madera aserrada y 880 mil toneladas de pasta celulósica, utilizando 3,8 millones de toneladas de materia seca de bosques nativos y 10,3 millones de toneladas de materia seca de bosques implantados [3]. Sin embargo, el uso de esta biomasa forestal residual es bajo, más del 70% está en desuso y la mayoría de los residuos de la cosecha se queman, deteriorando la calidad del suelo entre otros efectos adversos y perdiendo la oportunidad de producción de biocombustibles u otros productos de mayor valor.

Lo anterior evidencia el alto potencial que tiene el país para la producción de energía y productos de alto valor agregado a partir de residuos forestales. En este sentido, las biorrefinerías emergen como la alternativa más conveniente para la utilización de estos desechos. Sin embargo, éstas no son una entidad única, al contrario, forman parte de sistemas de procesamiento interconectados que agregan valor a la biomasa forestal. Esta compleja red se denomina Cadena de suministro forestal (*CSF*) en este trabajo. Varios factores han sido identificados en la literatura que hacen que actualmente la *CSF* no sea competitiva respecto a su contraparte fósil, convirtiéndose el diseño de la *CSF* en un factor crítico para acelerar la transición hacia sistemas rentables de biorrefinerías a gran escala [4]. El problema del diseño de la *CSF* se ha abordado principalmente mediante enfoques de programación matemática [5], y varios estudios abordan este problema en el contexto argentino. [6] presentan un modelo matemático para el problema de diseño de la *CSF*. Este trabajo evalúa las relaciones de conflicto entre la colocalización de varias industrias forestales y las configuraciones de instalaciones independientes. La característica distintiva de ese modelo es la consideración de descuentos en los costos de inversión y operación para las instalaciones involucradas en la colocalización. [7] presentan un modelo para el diseño óptimo de la *CSF*, donde destaca el uso de residuos de la cosecha y de la industria forestal; y también consideran las ubicaciones de las plantas y la conformación de los conglomerados industriales.

Particularmente, en este trabajo se propone un modelo matemático genérico para abordar el problema óptimo del diseño de la *CSF* que es adaptado de trabajos previos [8]. Algunas características distintivas del modelo propuesto están dadas por la generalidad de la red de *CSF* (nodos forestales, nodos de instalaciones de procesamiento, regiones de consumidores y centro de reciclado), así como el amplio alcance considerado, es decir, varios tipos de industrias forestales tradicionales son incluidos simultáneamente (por ejemplo, aserraderos, plantas de celulosa, y fábricas de papel). El problema de diseño óptimo de la *CSF* se aborda mediante un enfoque de programación matemática, que utiliza la programación disyuntiva generalizada (por sus siglas en inglés *GDP*) como técnica de modelado. Con el propósito de optimizar una función objetivo económica (maximizar el valor actual neto), la formulación es capaz de (i) determinar la ubicación, tamaño y tecnología de las instalaciones; (ii) integrar decisiones asociadas a la dinámica específica de la generación de biomasa de los sistemas forestales; y (iii) determinar los flujos materiales y de energía entre cada uno de los nodos de la *CSF* durante cada período del horizonte de planificación. Además, se desarrolla un caso de estudio que tiene en cuenta la integración de la producción de bioelectricidad (mediante la incorporación de sistemas *CHP*) y químicos con alto valor añadido (como por ejemplo, furfural y ácido levulínico) con las industrias forestales tradicionales.

2. PLANTEO DEL PROBLEMA

La *CSF* considerada en este trabajo (ver Figura 1) es una red logística multiproducto que involucra áreas forestales (j), nodos de instalaciones de procesamiento (k), regiones de consumo (l) y centros de reciclaje (h). En cada área de bosque j se dispone de madera perteneciente a diferentes especies arbóreas, que se recolectan para proporcionar materia prima: troncos y residuos de cosecha (ramas, tocón, aserrín y follaje) que se transportan a los nodos de procesamiento k (flujo F1) donde la materia prima se puede transformar en productos intermedios i (flujo F2) o productos finales o (flujo F4). Estos productos intermedios i se utilizan para la fabricación de productos finales, que a su vez se entregan a las regiones de consumo l para satisfacer sus demandas. Algunos productos, por ejemplo, el papel, pueden reciclarse (flujo F3) en los centros de reciclaje h y devolverse a los nodos de procesamiento k para ser reutilizados.

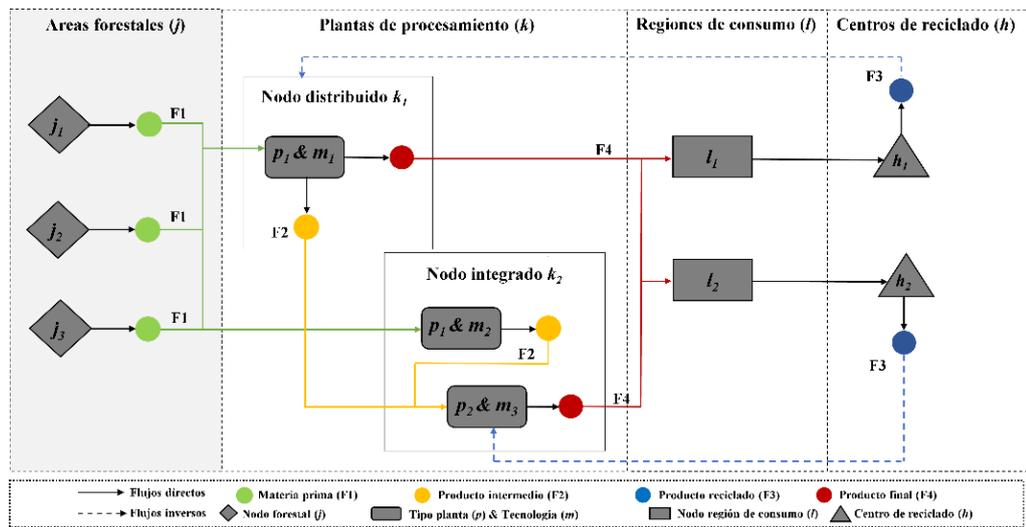


Figura 1. Una instancia ilustrativa de una CSF genérica, que tiene 3 nodos forestales, 1 nodo instalación distribuida y 1 nodo con instalaciones integradas, abarcando 3 tecnologías de conversión, 2 regiones de consumo, donde cada una de ellas se conecta con uno de los dos centros de reciclaje existentes. Los flujos entre nodos también son genéricos e ilustrativos.

Una de las contribuciones de este trabajo es la integración de la dinámica específica de la generación de biomasa de los sistemas forestales, en el diseño óptimo de la CSF que abarca dos aspectos poco tratados en los modelos de la literatura según la revisión realizada: (i) a diferencia del enfoque tradicional, donde sólo se permite la cosecha a partir de la tala rasa del área forestal, en este trabajo es posible realizar la cosecha del área forestal en cualquier edad permitida, lo cual, flexibiliza la decisión de cosechar en el horizonte de planificación; (ii) se considera explícitamente en el modelo el uso de volúmenes parciales del fuste (ejemplos: tronco para pulpa, tronco para aserradero, tronco para generación de energía), como se detalla en la Figura 2.

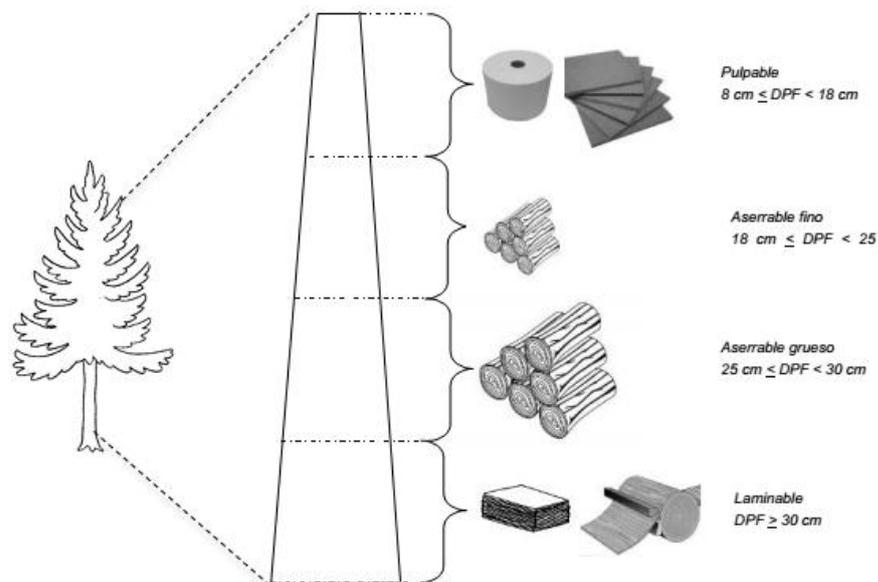


Figura 2. Esquematización de los subproductos de un fuste

Otra de las contribuciones del presente trabajo es la consideración simultánea de: (iii) la asignación dinámica de capacidad a lo largo del horizonte de planificación, inicialmente propuesto por [8]; y (iv) el modelado explícito en la formulación matemática de beneficios por integración y/o colocación de diferentes tipos de instalaciones de procesamiento en un mismo nodo. Mediante la asignación dinámica de capacidad, las instalaciones una vez que abren con un determinado nivel de capacidad c y tecnología m , pueden ampliar su capacidad de procesamiento a lo largo del horizonte de planificación, proporcionando un plan de inversión a largo plazo más realista para los responsables de la toma de decisiones. Además, los beneficios de la integración de varias industrias en la misma ubicación se han incluido explícitamente en el enfoque propuesto. Lo anterior significa que un aumento en el número de instalaciones de procesamiento p a integrar en un mismo nodo k , implica un mayor descuento a aplicar en el costo de inversión y en el costo fijo de operación.

3. FORMULACIÓN MATEMÁTICA

En esta sección, se presenta un modelo de optimización determinista para el diseño estratégico y la planificación de CSF. El modelo propuesto se define por los balances de materia y de energía, la producción, y las restricciones de demanda, así como también la estrategia de capacidad y las restricciones económicas. Dada la superestructura esquemática de la cadena de suministro que se presenta en la Figura 1, el modelo de la CSF se formula en consecuencia.

Los componentes del modelo se describen en términos de conjuntos, subconjuntos, parámetros y variables. Las letras griegas minúsculas se utilizan para los parámetros, las letras latinas en cursiva mayúscula para las variables, las letras latinas en cursiva minúscula para los índices y las letras latinas en cursiva mayúscula para los conjuntos. Los conjuntos multidimensionales restrictivos de las operaciones de cada escalón de la CSF están representados por mayúsculas y cursiva.

3.1. Restricciones

$$\begin{aligned}
 & Y_{k,p,m,c} \\
 & GCAP_{k,p,m,c} = \delta_{m,p} \cdot \varepsilon_c \\
 & NP_{k,p,m,c} = 1 \\
 & \left[\begin{array}{l} Z_{k,p,m,c,t} \\ ICK_{k,p,m,c,t}^{exp} = ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} \cdot \beta_{2_{m,c,p}} \\ FCK_{k,p,m,c,t}^{exp} = ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} \cdot \gamma_{2_{m,c,p}} \\ ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} \geq \kappa_{m,c,p} \cdot GCAP_{k,p,m,c} \end{array} \right] \vee \left[\begin{array}{l} \neg Z_{k,p,m,c,t} \\ ICK_{k,p,m,c,t}^{exp} = 0 \\ FCK_{k,p,m,c,t}^{exp} = 0 \\ ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} = 0 \end{array} \right] \forall t \quad \vee \quad \left[\begin{array}{l} \neg Y_{k,p,m,c} \\ GCAP_{k,p,m,c} = 0 \\ NP_{k,p,m,c} = 0 \end{array} \right] \quad \forall k, c, (m, p) \in MP \quad (1)
 \end{aligned}$$

La Ecuación (1) presenta una disyunción anidada. En el primer nivel de decisión, la ubicación de la instalación de procesamiento tipo p con tecnología m y nivel de capacidad c en el nodo k se considera mediante la variable booleana $Y_{k,p,m,c}$. Si esta variable booleana es verdadera, entonces se decide invertir. Por tanto, la primera ecuación de esta disyunción determina la capacidad de procesamiento global, representada por la variable $GCAP_{k,p,m,c}$, que es igual al nivel de capacidad seleccionado, representado por el parámetro ε_c , multiplicado por la capacidad base dada por el parámetro $\delta_{m,p}$. En la siguiente ecuación, se introduce una variable auxiliar $NP_{k,p,m,c}$ para contar las instalaciones de procesamiento p instaladas en la ubicación k con la ruta de conversión m y el nivel de capacidad c . En el caso negativo, ($\neg Y_{k,p,m,c}$), no se puede establecer una capacidad global, como se muestra en la primera ecuación del término negativo de la disyunción. Además, la variable auxiliar $NP_{k,p,m,c}$ es cero.

El siguiente nivel de decisión de la disyunción anidada de la Ecuación (1) viene dado por la variable booleana $Z_{k,p,m,c,t}$ que define el perfil de capacidad dinámica de cada instalación. Si una instalación de procesamiento p en el nodo k con un nivel de capacidad c expande su capacidad anual en el período t , se debe considerar un conjunto de restricciones. Si la variable booleana $Z_{k,p,m,c,t}$ es verdadera, entonces se debe considerar el costo de inversión para la expansión. Esto se representa en la primera ecuación de esta disyunción por la variable $ICK_{k,p,m,c,t}^{exp}$, que es igual al costo de inversión unitario de la ruta de conversión m con el nivel de capacidad c , en la instalación de procesamiento p ($\beta_{2_{m,c,p}}$) multiplicado por la expansión anual de la capacidad representada por la variable positiva $ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp}$. El propósito de la segunda ecuación es garantizar que el costo fijo de cada expansión, representado por la variable $FCK_{k,p,m,c,t}^{exp}$, está determinado por la expansión anual de la capacidad $ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp}$ multiplicada por el costo fijo unitario $\gamma_{2_{m,c,p}}$. La expansión de capacidad tiene un límite inferior representado en la tercera ecuación de la disyunción. El parámetro $\kappa_{m,c,p}$ representa la cota inferior de expansión de capacidad. Por el contrario, si no se decide ninguna expansión en el período t ($\neg Y_{k,p,m,c,t}$) entonces el conjunto de costo de inversión, costo fijo y la expansión de capacidad es cero.

La Ecuación (2) establece el costo fijo anual de cada instalación de procesamiento p en el nodo k . Por lo tanto, el costo fijo global de cada tipo de planta considera el costo fijo de todas las expansiones anteriores. Se destaca que, incluso si la expansión de la capacidad no se lleva a cabo durante un período determinado, se considera el costo fijo del período anterior.

$$FCK_{k,p,m,c,t} = \sum_{t' \leq t} FCK_{k,p,m,c,t'}^{exp} \quad \forall k, c, t, (m, p) \in MP \quad (2)$$

La Ecuación (3) presenta una disyunción de n términos para la configuración de nodo integrado para todas las ubicaciones k . La variable booleana $Y_{k,n}^{int}$ se introduce para decidir la ubicación potencial conjunta de n instalaciones en el mismo nodo de procesamiento k . La primera

ecuación en esta disyunción establece el número de plantas instaladas en el sitio k , lo cual está representado por la variable auxiliar $NP_{k,p,m,c}$ introducida previamente en la Ecuación (1). Tenga en cuenta que el conjunto n representa el número de instalaciones de procesamiento instaladas en el nodo k más 1, es decir, que el número de instalaciones en una ubicación dada k está determinado por el orden de n (parámetro ξ_n), menos 1 como se muestra en la primera ecuación de la disyunción.

$$\forall \left[\begin{array}{l} \sum_p \sum_m \sum_c NP_{k,p,m,c} = \xi_n - 1 \\ ICK_{k,t}^{int} = (1 - \pi_{1n}) \cdot \sum_p \sum_m \sum_c ICK_{k,p,m,c,t}^{exp} \quad \forall t \\ FCK_{k,t}^{int} = (1 - \pi_{2n}) \cdot \sum_p \sum_m \sum_c FCK_{k,p,m,c,t} \quad \forall t \end{array} \right] \forall k \quad (3)$$

Con el fin de fomentar la colocación de varias instalaciones en el mismo nodo de procesamiento k , se proponen descuentos en el costo de inversión y el costo fijo. El costo de inversión por la colocación de n tipos diferentes de instalaciones representado por la variable $ICK_{k,t}^{int}$ se calcula en la segunda ecuación de la disyunción según la Ecuación (3). El primer factor de la multiplicación representa el porcentaje de los costos totales de inversión de las n instalaciones co-localizadas, donde π_{1n} es el parámetro de descuento cuando se instalan n plantas simultáneamente, mientras que el segundo factor representa el costo de inversión por expansión (ver Ecuación (1)) de cada una de las n plantas co-localizadas en el nodo k . Notar que la suma de los costos de inversión es para todas las plantas p . Se asume el mismo enfoque para la determinación del costo fijo una vez que se decide la colocación de n tipos diferentes de instalaciones. En este caso, el costo fijo está representado por variable ($FCK_{k,t}^{int}$) en la tercera ecuación de la disyunción y el parámetro π_{2n} es el descuento por aplicar. El segundo factor de la multiplicación representa la suma del costo fijo total para todas las instalaciones de procesamiento localizadas, donde los costos fijos individuales para cada tipo de instalación ($FCK_{k,p,m,c,t}$) se calculan previamente en la Ecuación (1). La magnitud de los beneficios (π_{1n} and π_{2n}) depende del número de plantas que se instalarán en un nodo determinado. Por ejemplo, si solo se instala una planta ($\pi_{11} = 0$ y $\pi_{21} = 0$), no se aplica ningún descuento y tanto el costo total de inversión como el costo fijo deben pagarse en su totalidad.

Una restricción auxiliar se modela usando lógica proposicional para representar una restricción de opción múltiple (como máximo un elemento). La Ecuación (4) establece que para cada planta de procesamiento p se puede seleccionar como máximo un nivel de capacidad c y una ruta de conversión m . Además, se introduce una variable booleana de holgura ($z_{Y_{k,p,m,c}}$) para representar que no se abre ninguna instalación de procesamiento p , con tecnología m y capacidad c en el nodo k .

$$c, m \in MP(Y_{k,p,m,c}) \quad \forall \quad z_{Y_{k,p,m,c}} \quad \forall k, p \quad (4)$$

Cada nodo forestal j plantado con una especie de árbol s con edad a tiene disponibles hectáreas de tierra para realizar tala rasa a partir del año t , pero el modelo además permite la explotación de hectáreas adicionales (propiedad de terceros). La dinámica de las hectáreas totales de tierra disponibles a cosechar en cada período se describe mediante las Ecuaciones (5) y (6). Se distingue el comportamiento para el caso del primer período de planificación según la Ecuación (5) del resto de los periodos acorde a la Ecuación (6). La Ecuación (5) establece que la superficie de tierra disponible en el área forestal j sembrada con especie arbórea s con edad a disponible a cosechar al finalizar el período t ($HCAP_{j,s,a,t}$) es igual a la superficie que comienza a estar disponible a partir de ese período ($\alpha_{j,s,a,t}^{own}$), sumado a las tierras explotadas propiedad de terceras partes ($HCAP_{j,s,a,t}^{third}$) menos la superficie cosechada en dicho periodo ($HCAP_{j,s,a,t}^{harvest}$). Por su parte, la Ecuación (6), establece que la superficie total de tierra disponible en el área forestal j al finalizar segundo período t ($HCAP_{j,s,a,t}$) es igual al área de tierra que quedó disponible al final del periodo de tiempo anterior ($HCAP_{j,s,a,t-1}$) más la superficie de tierras que comienzan a estar disponibles a partir de ese período ($\alpha_{j,s,a,t}^{own}$), menos la superficie cosechada en el periodo actual ($HCAP_{j,s,a,t}^{harvest}$).

$$HCAP_{j,s,a,t} = \alpha_{j,s,a,t}^{own} - HCAP_{j,s,a,t}^{harvest_own} \quad \forall j, s, a, t = 1 \quad (5)$$

$$HCAP_{j,s,a,t} = HCAP_{j,s,a,t-1} + \alpha_{j,s,a,t}^{own} - HCAP_{j,s,a,t}^{harvest_own} \quad \forall j, s, a, t > 1 \quad (6)$$

Las Ecuaciones (7) y (8) establecen la capacidad de procesamiento anual de cada tipo de instalación de procesamiento p . En la formulación matemática se representa una distinción para el período $t = 1$ y los períodos siguientes, es decir $t > 1$. En el primer período, la capacidad es igual a la expansión realizada en el mismo período. En los períodos sucesivos, viene dada por la capacidad del período anterior más la capacidad expandida en t . La Ecuación (9) asegura que la suma de las capacidades expandidas en cada período t para cada tipo de instalación p , debe ser igual a la capacidad global instalada en cada una de ellas ($GCAP_{k,p,m,c}$).

$$ACAP_{k,p,m,c,t} = ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} \quad \forall k, c, (m, p) \in MP, t = 1 \quad (7)$$

$$ACAP_{k,p,m,c,t} = ACAP_{k,p,m,c,t-1} + ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} \quad \forall k, c, (m, p) \in MP, t > 1 \quad (8)$$

$$\sum_t ACAP_{k,p,m,c,t}^{exp} = GCAP_{k,p,m,c} \quad \forall k, c, (m, p) \in MP \quad (9)$$

La Ecuación (10) impide que el nivel de consumo de cada planta p con tecnología m en cada nodo k (término del centro de la Ecuación (10)) funcione por debajo de su mínimo ($\kappa 1^{low}$) y por encima de su capacidad anual instalada ($ACAP_{k,p,m,c,t}$). El nivel de consumo de cada instalación es el resultado de la suma de tres corrientes: el envío de materia prima r de especies s del área de bosque j introducido en el nodo k con tecnología de conversión m en el período t ($F1_{j,k,r,s,m,t}$) más el flujo de productos intermedios i de todos los nodos de procesamiento k' que se obtuvo aplicando tecnología m' y es consumido por el nodo k y luego procesado con tecnología m en el período t , ($F2_{k',k,m',m,i,t}$), más el flujo de producto reciclado b procedente del centro de reciclaje h ($F3_{h,k,b,m,t}$).

$$\begin{aligned} \kappa 1^{low} \cdot \sum_c ACAP_{k,p,m,c,t} &\leq \sum_{j,(r,s) \in MRS} F1_{j,k,r,s,m,t} + \sum_{k',m' \in IM, i \in MI} F2_{k',k,m',m,i,t} + \sum_{h,b \in MB} F3_{h,k,b,m,t} \\ &\leq \sum_c ACAP_{k,p,m,c,t} \quad \forall k, (m, p) \in MP, t \end{aligned} \quad (10)$$

Cada tecnología está relacionada con un solo tipo de planta, el conjunto multidimensional MP asegura esta relación, previamente restringida por la Ecuación (4). Además, MRS representa el conjunto de tecnología m que consume materia prima r de especies arbóreas s . Cuando una determinada tecnología no consume este tipo de materia prima como fuente de entrada, este grupo de elementos (r, s, m) no pertenece al conjunto MRS . Por lo tanto, el primer término correspondiente a la Ecuación (10) es nulo. De manera análoga, si una tecnología m no consume un producto intermedio dado i o un producto reciclado b , estos elementos no se incluyen en los conjuntos MI y MB , respectivamente. Entonces, los términos correspondientes a las sumatorias de los flujos $F2_{k',k,m',m,i,t}$ y $F3_{h,k,b,m,t}$ serán nulos. Cada tecnología de conversión m transforma el material de entrada total en producto intermedio i o producto final o .

El balance de masa en el nodo forestal j está representado por las Ecuaciones (11) y (12). La Ecuación (11) determina el volumen de cada tipo de materia prima virgen r de especie s con edad a cosechada en el área forestal j en el año t (según variable $QJ_{j,r,s,t}^{out}$), donde el parámetro $\tau_{s,a,t}$ representa el porcentaje de cada tipo de materia prima virgen r respecto al volumen total cosechado ($\alpha 1_{r,s,a,t}$). La Ecuación (12), establece que el volumen cosechado de cada de materia prima virgen r de especie s cosechada en el área forestal j en el año t constituye un límite superior para los envíos de materia prima r de especies s desde cada nodo j a todas las instalaciones de procesamiento permitidas ubicadas en cada nodo k con tecnología m en el mismo período t , representado por la variable $F1_{j,k,r,s,m,t}$.

$$QJ_{j,r,s,a,t}^{out} = \alpha 1_{r,s,a,t} \cdot \tau_{s,a,t} \cdot (HCAP_{j,s,a,t}^{harvestown} + HCAP_{j,s,a,t}^{harvestthird}) \quad \forall j, r, s, a, t \quad (11)$$

$$\sum_{j,(r,s) \in MRS} F1_{j,k,r,s,m,t} \leq \sum_a QJ_{j,r,s,a,t}^{out} \quad \forall j, r, s, t \quad (12)$$

Para cada nodo k , se introducen las siguientes variables: $Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out}$ representa la producción de producto final o obtenido a partir de materia prima r de especies arbóreas s ; $Q2_{k,m,t,i,o}^{out}$ es la producción del producto final o utilizando el producto intermedio i ; $Q3_{k,m,t,b,o}^{out}$ indica la producción de producto final o a partir de producto reciclado b , y $Q4_{k,m,t,r,s,i}^{out}$ es la producción de un producto intermedio i obtenido a partir de materia prima r de especies arbóreas s . Por tanto, las

Ecuaciones (13) - (16), indican la salida de material de la instalación de procesamiento con tecnología m en cada nodo k y simbolizan la producción del producto intermedio i o del producto final o según corresponda.

$$Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out} = \sigma_{1,r,s,o,m} \cdot \sum_j F1_{j,k,r,s,m,t} \quad \forall k, (m, r, s) \in MRS, (m, o) \in MO, t \quad (13)$$

$$Q2_{k,m,t,i,o}^{out} = \sigma_{2,i,o,m} \cdot \sum_{k',m' \in IM} F2_{k',k,m',m,i,t} \quad \forall k, (m, i) \in MI, (m, o) \in MO, t \quad (14)$$

$$Q3_{k,m,t,b,o}^{out} = \sigma_{3,b,o,m} \cdot \sum_h F3_{h,k,b,m,t} \quad \forall k, (m, b) \in MB, (m, o) \in MO, t \quad (15)$$

$$Q4_{k,m,t,r,s,i}^{out} = \sigma_{4,r,s,i,m} \cdot \sum_j F1_{j,k,r,s,m,t} \quad \forall k, (m, r, s) \in MRS, (m, i) \in IM, t \quad (16)$$

donde $\sigma_{1,r,s,o,m}$, $\sigma_{2,i,o,m}$, $\sigma_{3,b,o,m}$ y $\sigma_{4,r,s,i,m}$ son los correspondientes coeficientes de conversión.

Las Ecuaciones (17) y (18) muestran los balances de masa del material de salida, productos finales e intermedios. La Ecuación (17) determina la cantidad de producto final o que sale del nodo k con la ruta de conversión m para ir a todos los nodos de consumo l en el período de tiempo t ($F4_{k,l,m,t,o}$) y es menor o igual a la suma de las variables previamente definidas ($Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out}$, $Q2_{k,m,t,i,o}^{out}$ y $Q3_{k,m,t,b,o}^{out}$). De la misma manera, la Ecuación (18) indica que la variable $Q4_{k,m,t,r,s,i}^{out}$, es igual a la cantidad de producto intermedio i producido con la ruta de conversión m , que se envía desde el nodo k hacia todos los nodos k' con tecnología de conversión m' en el período de tiempo t ($F2_{k,k',m,m',i,t}$).

$$\sum_{(r,s) \in MRS} Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out} + \sum_{i \in MI} Q2_{k,m,t,i,o}^{out} + \sum_{b \in MB} Q3_{k,m,t,b,o}^{out} \geq \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \quad \forall k, (m, o) \in MO, t \quad (17)$$

$$\sum_{(r,s) \in MRS} Q4_{k,m,t,r,s,i}^{out} = \sum_{k',m' \in MI} F2_{k,k',m,m',i,t} \quad \forall k, m, i, t \quad (18)$$

Se introduce el parámetro $\varphi_{l,o}$ para representar la proporción de producto final o recuperado del mercado l que se puede reciclar. La Ecuación (19) asegura que el envío de los productos finales o producidos con tecnología m en los nodos k y enviados al mercado l en el período t multiplicado por el parámetro $\varphi_{l,o}$ es un límite superior para el envío de productos reciclados b recolectados de los centros de reciclaje h y que se envían a todas las instalaciones de procesamiento ubicadas en los nodos k en el período t .

$$\left(\sum_k \sum_m \sum_{o \in O^B, MO} \varphi_{l,o} \cdot F4_{k,l,m,t,o} \right) \geq \sum_k \sum_{b \in MB} \sum_{m \in MB} \sum_{h \in LH} F3_{h,k,b,m,t} \quad \forall l, t \quad (19)$$

En este trabajo se obtienen productos reciclados a partir de distintos tipos de papeles. Así, O^B representa el producto final o que genera el producto reciclado b . Además, la relación entre cada centro de reciclaje h y las regiones de consumo l está representada por el conjunto LH . Tenga en cuenta que el lado derecho de la Ecuación (20) representa el envío de productos reciclados b desde cada región de consumo a las instalaciones de procesamiento.

Cada proceso tiene una receta que establece la relación entre la cantidad de producto de salida con respecto al consumo de productos de entrada. La formulación propuesta asegura una receta flexible a través de un conjunto de restricciones, dadas por las Ecuaciones (20) - (22). La Ecuación (20) limita la composición del producto final o obtenido a partir de materia prima r de especies arbóreas s . El término del medio indica la cantidad de producto final o producido a partir de materia prima r y especie s en el nodo k con tecnología m en el período t ($Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out}$). Los lados izquierdo y derecho de la Ecuación (21), establecen la receta del proceso utilizando el envío de producto final o producido con tecnología de conversión m desde el nodo de procesamiento k a todas las regiones de consumo l en el período t ($\sum_l F4_{k,l,m,t,o}$) y el parámetro $\eta_{r,s,o,m}^{low}$ y $\eta_{r,s,o,m}^{up}$ para indicar los límites inferior y superior para cada materia prima r de especies s para el producto o con tecnología m , respectivamente. De manera similar, las Ecuaciones (21) y (22), establecen las restricciones de límites (definidas por parámetros $\eta_{i,o,m}^{low/up}$, $\eta_{3,b,o,m}^{low/up}$ and $\eta_{4,r,s,i,m}^{low/up}$) para cada una de las tres corrientes de entrada compuestas, mencionadas anteriormente, y las salidas permitidas.

$$\eta 1_{r,s,o,m}^{low} \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \leq Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out} \leq \eta 1_{r,s,o,m}^{up} \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \quad \forall k, (m, r, s) \in MRS, (m, o) \in MO, t \quad (20)$$

$$\eta 2_{i,o,m}^{low} \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \leq Q2_{k,m,t,i,o}^{out} \leq \eta 2_{i,o,m}^{up} \sum_l \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \quad \forall k, (m, i) \in MI, o, t \quad (21)$$

$$\eta 3_{b,o,m}^{low} \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \leq Q3_{k,m,t,b,o}^{out} \leq \eta 3_{b,o,m}^{up} \sum_l F4_{k,l,m,t,o} \quad \forall k, (m, b) \in MB, o, t \quad (22)$$

Con el objetivo de representar una mayor circularidad de la CSF, las necesidades de energía eléctrica de las plantas pueden ser satisfechas con la energía eléctrica generada por plantas de cogeneración que usan como materia prima residuos de cosecha y subproductos de la industria del aserrado. La Ecuación (23) muestra el balance de energía total en cada periodo del horizonte de planificación, donde el término del lado izquierdo representa el total de energía eléctrica generado por todas las plantas de CHP localizadas, utilizando materia prima r de especie arbórea s (primer término de la izquierda), y utilizando producto intermedio i (segundo término de la izquierda). Mientras el primer término de la derecha ($CHP_{k,m,o,t}^{in}$) se refiere a la energía utilizada por las plantas consumidoras y el segundo término de la derecha representa la energía vendida a los mercados consumidores.

$$\begin{aligned} & \sum_{k,(r,s) \in MRS, (m,o) \in HMO} Q1_{k,m,t,r,s,o}^{out} + \sum_{k,i \in MI, (m,o) \in HMO} Q2_{k,m,t,i,o}^{out} \\ & = \sum_{k,(m,o) \in MOH} CHP_{k,m,o,t}^{in} \\ & + \sum_{k,o,(o,l) \in OL, (m,o) \in MOH} F4_{k,l,m,t,o} \quad \forall t \end{aligned} \quad (23)$$

donde MOH representa el conjunto de tecnologías m que consumen energía o , y el conjunto HMO representa el conjunto de tecnologías m que generan energía.

Por su parte Ecuación (24) muestra el balance de energía para cada planta consumidora. El término del lado izquierdo establece que la demanda interna de electricidad de las plantas consumidoras puede ser cumplido por las plantas generadoras ($CHP_{k,m,o,t}^{in}$), y también es posible utilizar la energía producida con combustibles fósiles ($CHP_{k,m,o,t}^{third}$) procedentes del sistema electro-energético nacional. Mientras el término derecho representa el requerimiento de energía eléctrica de la planta consumidora.

$$\begin{aligned} & CHP_{k,m,o,t}^{in} + CHP_{k,m,o,t}^{third} \\ & = \sigma 5_{o,m} \left(\sum_{j,(r,s) \in MRS} F1_{j,k,r,s,m,t} + \sum_{k',m' \in IM, i \in MI} F2_{k',k,m',m,i,t} \right. \\ & \left. + \sum_{h,b \in MB} F3_{h,k,b,m,t} \right) \quad \forall (m, o) \in MOH, k, t \end{aligned} \quad (24)$$

donde $\sigma 5_{o,m}$ es la energía eléctrica o requerida por la tecnología m por cada tonelada de materia prima procesada.

La Ecuación (25) asegura la satisfacción de la demanda ($\chi_{l,o,t}$) para todo tipo de producto final o en los diferentes mercados l para los diferentes períodos t . El parámetro μ^{low} indica el límite superior del producto final o la demanda en la ubicación de la región de consumo l en el período t .

$$\sum_{k,m \in MO} F4_{k,l,m,t,o} \leq \mu^{up} \chi_{l,o,t} \quad \forall t, (o, l) \in OL \quad (25)$$

3.2. Función objetivo

El objetivo que se plantea es maximizar el valor actual neto NPV que se compone por el ingreso actualizado (IS) y el costo actualizado (PC) según se presenta en la Ecuación (26).

$$Max NPV = IS - PC \quad (26)$$

Para este propósito, es necesario definir primero el ingreso actualizado (IS) de todo la CSF según se presenta en la Ecuación (27), donde λ_o es el precio de venta del producto final o .

$$IS = \sum_{k,l,m \in MO,t,o} \left(\frac{\lambda_o \cdot F4_{k,l,m,t,o}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \quad (27)$$

El costo total actualizado (PC) se compone por costos de transporte (TC), costos fijos (FC), costos variables (VC) y costos de inversión (CC), según se presenta en la Ecuación (28).

$$PC = TC + FC + VC + CC \quad (28)$$

El costo de producción actualizado se da en la Ecuación (29). El primer término representa el costo de producción actualizado de las materias primas r de las especies arbóreas s del bosque j durante todos los períodos t , mientras que los términos subsiguientes (excepto el último) de la ecuación representan los costos de producción totales actualizados de los diferentes tipos de productos (materias primas r de especies arbóreas s , producto intermedio i y papel reciclado b) que se procesan en todos los nodos k . El último término representa una penalización por el uso de energía del sistema electro-energético nacional.

$$VC = \sum_{j,r,s,t} \left(\frac{\theta_{1,j,r,s} \cdot Q_{j,r,s,t}^{out}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) + \sum_{m,r,s,t} \left[\sum_{j,k} \left(\frac{\theta_{2,m,r,s} \cdot F1_{j,k,r,s,m,t}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] + \sum_{m,i,t} \left[\sum_{k,k',m'} \left(\frac{\theta_{3,m,i} \cdot F2_{k',k,m',m,i,t}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] + \sum_{m,b,t} \left[\sum_{h,k} \left(\frac{\theta_{4,m,b} \cdot F3_{h,k,b,m,t}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] + \sum_{m,o,t} \left[\sum_k \left(\frac{\theta_{5,m,o} \cdot CHF_{k,m,o,t}^{third}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] \quad (29)$$

donde $(\theta_{1,j,r,s}, \theta_{2,m,r,s}, \theta_{3,m,i},$ y $\theta_{4,m,b})$ son los parámetros de costo unitario variables correspondientes. El parámetro $\theta_{5,m,o}$ es el costo de compra de electricidad al sistema electro-energético nacional.

El costo de transporte actualizado (TC) se plantea como sigue en la Ecuación (30):

$$TC = \sum_{j,k,r,s,t} \left(\sum_m \frac{\tau_{1,j,k,r,s} \cdot F1_{j,k,r,s,m,t}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) + \sum_{k,k',i,t} \left[\sum_{m,m'} \left(\frac{\tau_{2,k',k,i} \cdot F2_{k',k,m',m,i,t}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] + \sum_{h,k,b,t} \left[\sum_m \left(\frac{\tau_{3,h,k,b} \cdot F3_{h,k,b,m,t}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] + \sum_{k,l,o,t} \left[\sum_m \left(\frac{\tau_{4,k,l,o} \cdot F4_{k,l,m,t,o}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \right] \quad (30)$$

donde $\tau_{1,j,k,r,s}, \tau_{2,k',k,i}, \tau_{3,h,k,b}$ and $\tau_{4,k,l,o}$ son los parámetros de costo unitario de transporte. La Ecuación (31) establece el costo de inversión actualizado total (CC). El primer término de la ecuación determina el costo de inversión actualizado de la explotación de las áreas forestales j , que contempla el costo de las actividades silvícolas realizadas previas a la tala raza del área forestal, $C_{j,s,a,t}^{exp_own}$ (ejemplo: costo de plantación y costos de raleos y poda), y el costo por explotar hectáreas de tierras propiedad de terceras partes, $C_{j,s,a,t}^{exp_third}$. El segundo término de la ecuación representa el costo de inversión actualizado por ampliar la capacidad en los nodos de procesamiento k , previamente definido en Ecuaciones (1) y (2).

$$CC = \sum_{j,r,s,t} \left(\frac{C_{j,s,a,t}^{exp_own} + C_{j,s,a,t}^{exp_third}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) + \sum_{k,t} \left(\frac{ICK_{k,t}^{int}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \quad (31)$$

La Ecuación (32) define el costo de inversión actualizado de la explotación de las áreas forestales ($C_{j,s,a,t}^{exp_own}$) que es igual a la superficie cosechada ($HCA_{j,s,a,t}^{harvest}$) multiplicado por el costo unitario de poda y raleo realizado en el nodo j plantado con especie s ($\alpha_{j,s}$). Por su parte, la Ecuación (33) contempla la necesidad de incurrir en un costo asociado a la explotación de tierras propiedad de terceras partes ($C_{j,s,a,t}^{exp_third}$), que es igual a la superficie de tierra explotadas de terceros ($HCA_{j,s,a,t}^{third}$) multiplicada por el parámetro ($\gamma_{1,j,s}$) que representa el costo de explotación unitario para cada nodo j y especie s .

$$C_{j,s,a,t}^{exp_own} = HCA_{j,s,a,t}^{harvest} \cdot \alpha_{j,s} \quad \forall j, s, a, t \quad (32)$$

$$C_{j,s,a,t}^{exp_third} = HCA_{j,s,a,t}^{third} \cdot \gamma_{1,j,s} \quad \forall j, s, a, t \quad (33)$$

Finalmente, la Ecuación (34) representa los costos operativos fijos actualizados (FC) relacionados con ambos tipos de nodos, previamente definido en Ecuaciones (1) y (2).

$$FC = \sum_{k,t} \left(\frac{FCK_{k,t}^{int}}{(1+\rho)^{t-1}} \right) \quad (34)$$

donde ρ es la tasa de descuento anual. Finalmente, se obtiene el modelo dado por las Ecuaciones (1) - (34) maximizando el NPV. La relajación *Big-M* se aplica para transformar las disyunciones.

4. Caso de estudio y resultados

En esta sección, se presenta y resuelve un caso de estudio representativo del sector forestal argentino, con el objetivo de ilustrar las capacidades del modelo propuesto. Los estudios computacionales se realizaron en una CPU Intel Core i5, 3.00 GHz con 8 GB de RAM. El modelo MILP a partir de la reformulación *Big-M* aplicado al modelo GDP se codificó en GAMS 24.7.4 y se resolvió con el solucionador CPLEX 12.6.3.0. La brecha relativa se estableció en 0%.

El caso de estudio involucra 6 áreas forestales ($j1 - j6$) considerando los diferentes tipos troncos de madera y los residuos de cosecha como materia prima ($r1-r6$) de las especies de árboles: pino ($s1$). Se asume un total de 9 posibles ubicaciones de nodos de procesamiento ($k1-k9$) y se consideran 5 tipos de instalaciones: fábrica de celulosa, fábrica de papel y aserraderos ($p1$, $p2$ y $p3$, respectivamente) con localización establecida. Además, se consideran dos tipos de plantas más: biorrefinería y plantas de bioenergía ($p4$ y $p5$, respectivamente) con localización a definir. Se seleccionan dos regiones de consumidores de papel ($l1$ y $l2$), cada una de ellas está asignada a un centro de reciclaje de papel ($h1$ y $h2$).

Cada tipo de planta está relacionado con varias vías de conversión: tecnologías de fabricación de pasta mecánica y kraft ($m1$ y $m2$, respectivamente) para plantas de celulosa, tecnologías de papel de impresión y tissue ($m3$ y $m4$, respectivamente) para fábrica de papel, tecnología estándar de aserrado de madera ($m5$) para los aserraderos, se utiliza el modelo de producción de químicos de alto valor agregado propuesto por [9] ($m6$) para las biorrefinerías; y finalmente sistemas de cogeneración de calor y energía ($m7$) para las plantas de bioenergía. Se considera que un conjunto de tres niveles de capacidad ($c1-c3$) representan los tamaños de las plantas y las inversiones correspondientes asumiendo una economía de escala. Los parámetros del modelo se estiman sobre la base de valores de la industria forestal argentina, y tomados de la literatura [10], [11].

El modelo MILP resultante consta de 26825 restricciones, 909 variables discretas y 18694 variables continuas; la brecha de optimización después de 3 segundos de CPU es 0.0%. El VAN total es 1916 MUSD y donde el componente principal en los costos presentes totales es el costo variable de producción con una participación del 49%, seguido por el costo fijo de producción con una participación del 21%, y costo fijo de inversión y costo de transporte, ambos con una participación del 19% y 12 %, respectivamente.

Es importante mencionar que la solución óptima no registra ningún ingreso por la venta de electricidad, lo cual significa que toda la electricidad generada por las plantas de bioenergía localizadas, es consumida por el resto de las plantas de procesamiento de la CSF resultante. Además, la solución obtenida registra un costo asociado a la compra de electricidad al sistema electro energético nacional igual a 80.77 MUSD, lo cual significa que la electricidad generada por las plantas *CHP* no es suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de las instalaciones consumidoras.

La Figura 3 muestra la ubicación óptima de las instalaciones junto con sus capacidades y asignación de tecnologías, como resultado la CSF queda conformada por 9 nodos integrados con dos instalaciones co-localizadas. La solución óptima (ver Figura 3) tiende a ubicar las biorrefinerías lejos de las regiones de consumidores, y más cerca de las áreas con mayor producción de materia prima. En cuanto a las plantas de bioenergía, se observa que las plantas se encuentran distribuidas de manera uniforme a lo largo de la región de estudio considerada en el caso de estudio.

En cuanto al tamaño de las instalaciones, como se puede observar en la Figura 3, todas las biorrefinerías y la mayoría de las plantas de generación de electricidad abren con tamaño pequeño (nivel de capacidad $c1$), mientras que el nivel de capacidad máxima (nivel de capacidad $c3$) es seleccionado por solo 3 plantas (plantas de bioenergía en los nodos $k4$, $k5$ y $k9$, según Figura 3). En general, un total de 3 biorrefinerías (en los nodos $k3$, $k7$ y $k8$), 8 plantas de bioenergía (en los nodos $k2-k9$) son localizadas. En cuanto a las plantas con localización establecidas: 3 aserraderos son utilizados para suministrar residuos de aserradero y aserrín, a las plantas de bioenergía y biorrefinerías, respectivamente. Mientras 2 plantas de pulpa celulósica, y 2 fábricas de papel, son utilizadas para cumplir con el total de la demanda de papel tissue y papel de impresión de las regiones de consumo consideradas.

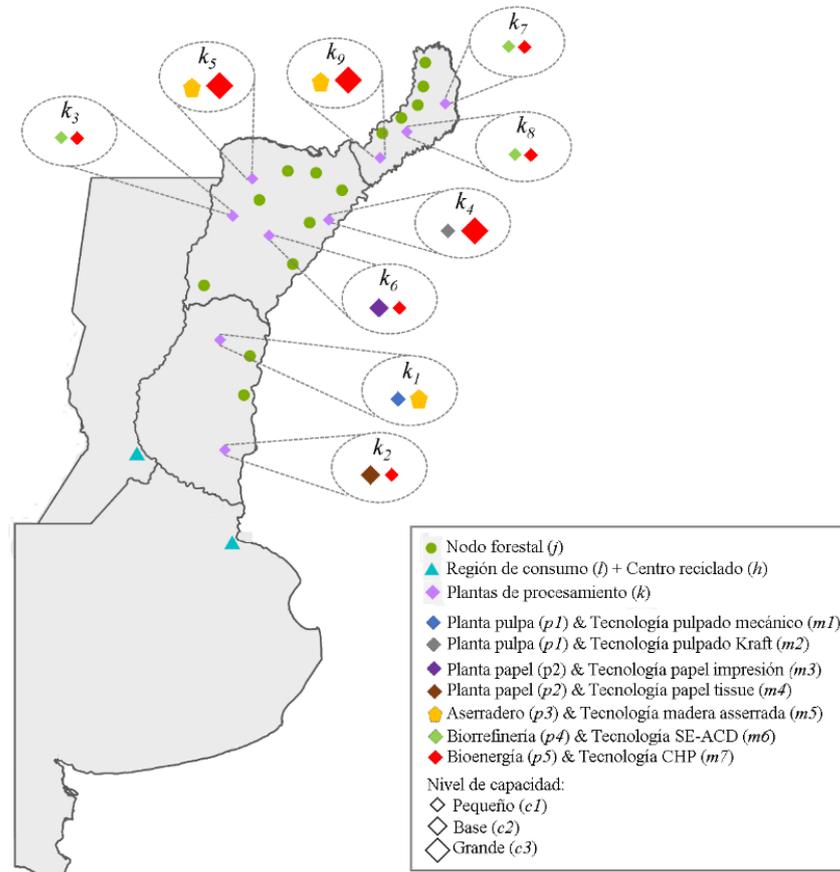


Figura 3. Localización óptima de las instalaciones de la CSF.

Uno de los resultados más importantes del modelo matemático propuesto son los perfiles de capacidad de las plantas localizadas (ver Tabla 1). En general, la solución óptima propone la instalación de industrias en el primer período de tiempo con 100% de su capacidad global, solo dos instalaciones abren con un tamaño diferente (ver Tabla 1) y mantienen este nivel durante los períodos posteriores hasta completar el 100% de su capacidad global al final del horizonte de planificación. Es importante notar que las reducciones de costos debidas a los beneficios de la integración son significativas en comparación con los beneficios de las economías de escala. Estos resultados muestran que es más rentable instalar plantas integradas con menores niveles de capacidad (c1 y c2) que una sola con mayor capacidad.

Tabla 1. Perfil de capacidad general de las instalaciones

Localización- Asignación				Perfil de expansión de capacidad (%)				
Nodo	Tipo planta (p)	Tecnología (m)	Capacidad (Ton)	Período (año)				
				1	2	3	4	5
K1	Pulpa (p1)	Pulpado mecánico (m1)	189189 (c1)			Fijo*		
	Aserradero (p3)	Madera aserrada (m5)	377138 (c2)			Fijo*		
K2	Papel (p2)	Tissue (m4)	416667 (c2)			Fijo*		
	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	55000 (c1)	100	100	100	100	100
K3	Biorrefinería (p4)	SE-ACD** (m6)	64400 (c1)	100	100	100	100	100
	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	55000 (c1)	100	100	100	100	100
K4	Pulpa (p1)	Kraft (m2)	346535 (c1)			Fijo*		
	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	165000 (c3)	100	100	100	100	100
K5	Aserradero (p3)	Madera aserrada (m5)	377138 (c2)			Fijo*		
	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	165000 (c3)	100	100	100	100	100
K6	Papel (p2)	Impresión (m3)	421053 (c2)			Fijo*		
	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	55000 (c1)	100	100	100	100	100
K7	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	55000 (c1)	100	100	100	100	100
	Biorrefinería (p4)	SE-ACD (m6)	64400 (c1)	31	31	31	31	100
K8	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	55000 (c1)	100	100	100	100	100
	Biorrefinería (p4)	SE-ACD (m6)	64400 (c1)	80	80	80	80	100
K9	Aserradero (p3)	Madera aserrada (m5)	377138 (c2)			Fijo*		
	Bioenergía (p5)	CHP (m7)	165000 (c3)	100	100	100	100	100

* Estas plantas con localizaciones establecidas abren desde el período 1 con 100% de su capacidad.

**SE: explosión de vapor (por sus siglas en inglés); ACD: deshidratación por catálisis ácida (por sus siglas en inglés)

5. Conclusiones

En este trabajo se desarrolla un modelo de *GDP* con el fin de proponer un diseño estratégico de la *CSF* donde la integración de la producción de electricidad y productos de alto valor agregado con las industrias forestales tradicionales se considera un elemento clave para el desarrollo de una economía circular. Para ello, los residuos generados por el procesamiento de la madera y la tala forestal, así como el reciclaje de papel se asumen como materias primas para la elaboración de otros productos. Uno de los principales aportes de este trabajo es que la formulación matemática genérica propuesta, aporta una herramienta flexible y realista para apoyar el proceso de toma de decisiones relacionadas con el problema del diseño de *CSF*.

Las capacidades del modelo propuesto se prueban en un caso de estudio considerando las características de la industria forestal en la región nororiental de Argentina. Los principales resultados de este estudio de caso indican que la producción de papel, electricidad y productos de alto valor agregado (ácido levulínico, furfural, y ácido fórmico) es rentable, bajo el enfoque propuesto de asignación dinámica de la capacidad y la integración de diferentes tipos de instalaciones.

En virtud de la simplificación efectuada en el presente trabajo resulta claro que son varios los puntos que quedan aún por estudiar e incorporar en futuros modelos de optimización. Uno de los puntos a considerar incluye extender la formulación propuesta para abordar la incertidumbre en algunos parámetros críticos, como los rendimientos de producción y la disponibilidad de residuos. Además, agregar nuevas decisiones en cuanto al uso de residuos como la producción de biocombustibles con el objetivo de mejorar la circularidad de la cadena de valor.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo financiero de ANPCyT (PICT-2015-3743), Argentina, y de la Universidad Tecnológica Nacional - UTN (PID-4526), Argentina.

Referencias

- [1] H. Fernández-Puratich, R. Rebolledo-Leiva, D. Hernández, J. E. Gómez-Lagos, B. Armengot-Carbo, and J. V. Oliver-Villanueva, "Bi-objective optimization of multiple agro-industrial wastes supply to a cogeneration system promoting local circular bioeconomy," *Appl. Energy*, vol. 300, p. 117333, Oct. 2021.
- [2] L. Dessbesell, C. Xu, R. Pulkki, M. Leitch, and N. Mahmood, "Forest biomass supply chain optimization for a biorefinery aiming to produce high-value bio-based materials and chemicals from lignin and forestry residues: A review of literature," *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 47, no. 3. Canadian Science Publishing, pp. 277–288, 2017.
- [3] Ministerio de Hacienda y Finanzas Publicas, "Informe de Cadena de Valor Forestal, papel y muebles," Buenos Aires, 2019.
- [4] E. de Jong and G. Jungmeier, "Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries," *Ind. Biorefineries White Biotechnol.*, pp. 3–33, Jan. 2015.
- [5] K. T. Malladi and T. Sowlati, "Biomass logistics: A review of important features, optimization modeling and the new trends," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 94, pp. 587–599, Oct. 2018.
- [6] N. Vanzetti, G. Corsano, and J. M. Montagna, "A comparison between individual factories and industrial clusters location in the forest supply chain," *For. Policy Econ.*, vol. 83, pp. 88–98, Oct. 2017.
- [7] S. Campanella, G. Corsano, and J. M. Montagna, "A modeling framework for the optimal forest supply chain design considering residues reuse," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 16, pp. 13–24, Oct. 2018.
- [8] F. Piedra-Jimenez, J. . Novas, and M. A. Rodriguez, "A conceptual framework for forest supply chain design considering Integrated conversion facilities for second-generation bioethanol production," in *LA SDEWES conferences*, 2020.
- [9] N. M. Clauser, S. Gutiérrez, M. C. Area, F. E. Felissia, and M. E. Vallejos, "Techno-economic assessment of carboxylic acids, furfural, and pellet production in a pine sawdust biorefinery," *Biofuels, Bioprod. Biorefining*, vol. 12, no. 6, pp. 997–1012, Nov. 2018.
- [10] M. P. Hekkert and E. Worrell, "Technology Characterisation for Natural Organic Materials - Input data for Western European MARKAL," 1997.
- [11] H. Paulo, X. Azcue, A. P. Barbosa-Póvoa, and S. Relvas, "Supply chain optimization of residual forestry biomass for bioenergy production: The case study of Portugal," *Biomass and Bioenergy*, vol. 83, pp. 245–256, Dec. 2015.

Pronóstico del consumo de conservas de pescado para un proyecto industrial pesquero

Ramos Ángeles, Christian René *; Valdivia Camacho, Gloria Esther ⁽¹⁾

**Doctorado en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Ingeniería*

**Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina*

cramos@lamolina.edu.pe

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería

gvaldivia@uni.edu.pe

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se seleccionó un modelo de pronóstico para el consumo interno de conservas de pescado en el Perú para un proyecto industrial pesquero. Se utilizaron modelos de pronósticos como el de regresión lineal, descomposición de series de tiempo y el método de Winters. Los datos de entrada fueron las ventas internas mensuales de conservas de pescado de los años 2011 al 2014. Se compararon los indicadores del error del pronóstico como la desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos de un año (2014), dos años (2013-2014), tres años (2012-2014) y cuatro años (2011-2014) para validar con los pronósticos de los años 2015-2019. El modelo de pronóstico seleccionado es el de descomposición de series de tiempo aditivo estacional con los datos de dos años (2013-2014) porque obtuvo el menor MAD = 588.0 y menor MAPE = 15.00%.

Palabras Claves: Pronóstico, regresión lineal, descomposición de series de tiempo, método de Winters, indicadores del error del pronóstico.

ABSTRACT

In the present research work, a forecast model for the domestic consumption of canned fish in Peru was selected for an industrial fishing project. Forecasting models such as linear regression, time series decomposition and Winters' method were used. The input data was the monthly domestic sales of canned fish from the years 2011 to 2014. The forecast error measures such as the mean absolute deviation (MAD) and the mean absolute percentage error (MAPE) of the forecasts of a company were compared. year (2014), two years (2013-2014), three years (2012-2014) and four years (2011-2014) to validate with the forecasts for the years 2015-2019. The forecast model selected is the seasonal additive time series decomposition with data from two years (2013-2014) because it obtained the lowest MAD = 588.0 and the lowest MAPE = 15.00%.

Keywords: Forecast, linear regression, time series decomposition, Winters method, forecast error measures.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de investigación es seleccionar un modelo de pronóstico para el consumo interno de conservas de pescado en el Perú para un proyecto industrial pesquero. La importancia de utilizar modelos de pronósticos como el de regresión lineal, descomposición de series de tiempo y el método de Winters, es que con los indicadores del error del pronóstico como lo son desviación media absoluta y el error porcentual absoluto medio, se puede validar los modelos con los pronósticos futuros de los años 2015-2019.

Existen muchos aportes de autores que utilizan diversos modelos de pronósticos en casos particulares los cuales se detallan algunos a continuación.

Mbuli et al. [1] presentaron una revisión exhaustiva de la literatura sobre la aplicación de métodos de descomposición de la predicción de series de tiempo en sistemas eléctricos principalmente para la previsión de carga, precio y generación distribuida.

Merkuryeva [2] indicaron que la previsión de la demanda juega un papel fundamental en la logística y la gestión de la cadena de suministro. También propusieron experimentalmente escenarios alternativos de pronóstico para los cálculos de la demanda utilizando el modelo de promedios móviles simples, regresiones lineales múltiples y regresión simbólica con programación genética [2].

Contreras et al. [3] presentaron un caso de estudio de una empresa dedicada al almacenamiento de productos perecederos, implementando modelos de pronósticos de series de tiempo, en el volumen de ingreso y egreso de los productos en una cámara frigorífica, para estimar el volumen de almacenamiento y determinar los requerimientos de instalaciones adicionales, personal y materiales necesarios para la movilidad de los productos.

Menacho [4] aplicó regresión polinomial de segundo grado, promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble con los modelos de redes neuronales artificiales multicapa backpropagación en series de tiempo de producción en la construcción, producción de electricidad, fabricación de papel y productos de papel, fabricación de productos textiles, producción minera e hidrocarburos, producción de madera y productos de madera, fabricación de prendas de vestir y producción del sector fabril.

Montes et al. [5] utilizaron series de tiempo en la generación de pronósticos, incluyendo la tendencia como los componentes cíclicos y estacionales de los datos de producción en pozos de petróleo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Método propuesto.

En la Figura 34 se muestra el método propuesto en el trabajo de investigación.

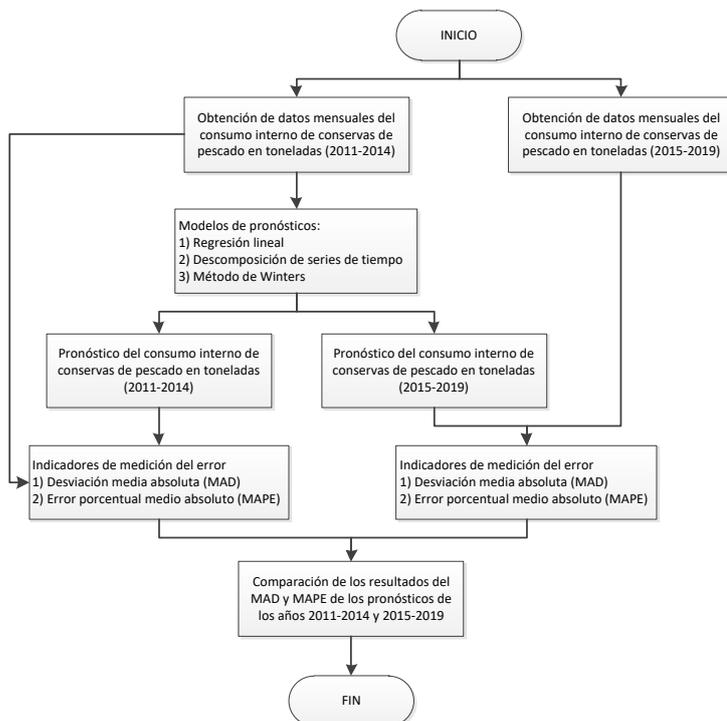


Figura 34 Método propuesto en el trabajo de investigación

El método utilizado consistió en la adquisición de datos de ventas internas de conservas de pescado del Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola del Perú de los años 2011 al 2019 [6]–[14]. Los datos mensuales de los años 2011 al 2014 sirvieron como base para utilizar los modelos de pronósticos de regresión lineal, descomposición de series de tiempo y el método de Winters para pronosticar los datos de esos años y también los del 2015 al 2019 para su validación con los indicadores de error del pronóstico, desviación media absoluta y error porcentual absoluto medio.

Se tomó en cuenta desarrollar los pronósticos con datos de un año (2014), dos años (2013-2014), tres años (2012-2014) y cuatro años (2011-2014) para determinar con qué periodos anuales es mejor trabajar con los modelos de pronósticos propuestos.

En la Figura 34 se observa con los datos mensuales de los años 2011-2014 se obtienen dos pronósticos, el de los años 2011-2014 y el de los años 2015-2019 con el fin de hacer la comparación de resultados.

2.2. Modelos de pronóstico.

Heizer y Render [15], clasifican a los pronósticos de acuerdo a su horizonte de tiempo futuro: pronóstico a corto plazo, mediano plazo y largo plazo. Los pronósticos a corto plazo, son de horizonte de tiempo menor a tres meses hasta un año. “Se usa para planear las compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra, asignar el trabajo, y decidir los niveles de producción” [15, p. 106]. Los pronósticos a mediano plazo, son de horizonte de tiempo de tres meses hasta de tres años. “Se utiliza para planear las ventas, la producción, el presupuesto y el flujo de efectivo, así como para analizar diferentes planes operativos” [15, p. 106]. Los pronósticos a largo plazo, son de horizonte de tiempo de más de tres años. “Los pronósticos a largo plazo se emplean para planear la fabricación de nuevos productos, gastos de capital, ubicación o expansión de las instalaciones, y para investigación y desarrollo” [15, p. 106].

Heizer y Render [15], establecen siete pasos en el sistema de pronóstico: (1) determinar el uso del pronóstico, (2) seleccionar los aspectos que se deben pronosticar, (3) determinar el horizonte de tiempo del pronóstico, (4) seleccionar los modelos de pronóstico, (5) recopilar los datos necesarios para elaborar el pronóstico, (6) realizar el pronóstico y (7) validar e implementar los resultados.

Chase et al. [16], clasifican a los pronósticos en: (a) cualitativo, (b) análisis de series de tiempo, (c) relaciones causales, y (d) simulación.

Chase et al. [16], dividen los pronósticos cualitativos en: (a) técnicas acumulativas, (b) investigación de mercados, (c) grupos de consenso, (d) analogía histórica, y (e) método Delfos.

Heizer y Render [15], clasifica a los métodos cuantitativos de pronósticos en: (I) Modelos de series de tiempo, los cuales se subdividen en (a) enfoque intuitivo, (b) promedios móviles, (c) suavizamiento exponencial, y (d) proyección de tendencias; y (II) Modelo asociativo o causal, el cual incluye al modelo de regresión lineal.

Por otro lado, Chase et al. [16], dividen a los modelos causales en: (a) análisis de regresión, (b) modelos econométricos, (c) modelos de entrada/salida, y (d) principales indicadores.

2.2.1. Regresión lineal.

Hanke y Wichern [17], plantearon el siguiente modelo de regresión lineal.

En la Ecuación (19) se tiene el pronóstico de la variable respuesta \hat{Y} de la variable independiente X . El término b_0 es el intercepto con el eje Y , y el término b_1 es la pendiente [17].

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X \quad (19)$$

Los valores de b_1 y b_0 se calculan en la Ecuación (20) y Ecuación (21) [17].

$$b_1 = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2} \quad (20)$$

$$b_0 = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b_1 \sum X}{n} = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \quad (21)$$

2.2.2. Descomposición de series de tiempo.

Wilson y Keating [18], plantearon el siguiente modelo de descomposición de series de tiempo, el cual puede ser representado por un modelo multiplicativo o un modelo aditivo tal como se presentan en la Ecuación (22) y Ecuación (23) respectivamente.

$$Y = T \times S \times C \times I \quad (22)$$

$$Y = T + S + C + I \quad (23)$$

La variable Y es la que se pronostica y los componentes de los modelos multiplicativo y aditivo son el de tendencia T , estacional S , cíclico C y el irregular I [18].

El promedio móvil para el periodo t (MA_t) para los datos trimestrales y mensuales se presentan en la Ecuación (24) y Ecuación (25) [18].

$$MA_t = \frac{(Y_{t-2} + Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1})}{4} \quad (24)$$

$$MA_t = \frac{(Y_{t-6} + Y_{t-5} + \dots + Y_t + Y_{t+1} + \dots + Y_{t+5})}{12} \quad (25)$$

El promedio móvil centrado CMA_t se muestra en la Ecuación (26) y es el promedio simple de los promedios móviles para el periodo t y $t + 1$ [18].

$$CMA_t = \frac{(MA_t + MA_{t+1})}{2} \quad (26)$$

El factor estacional (SF_t) se muestra en la Ecuación (27) y es la división entre el valor real Y_t y el promedio móvil centrado CMA_t [18].

$$SF_t = \frac{Y_t}{CMA_t} \quad (27)$$

El índice estacional SI_i o media normalizada de los factores estacionales del periodo i (mes, bimestre, trimestre o semestre) se plantea en la Ecuación (28) y es igual al cociente del sumatorio de los factores estacionales del periodo i de cada año j sobre k años [18].

$$SI_i = \sum_{j=1}^k \frac{SF_{ij}}{k} \quad (28)$$

“La tendencia a largo plazo se estima a partir de los datos desestacionalizados para la variable que va a pronosticarse” [18, p. 297].

En la Ecuación (29) se plantea el modelo de regresión lineal para obtener el coeficiente de intercepto a y la pendiente b para cada valor de CMA_t donde t es el tiempo que va desde $t = 1$ para el primer dato con incremento de uno para los siguientes [18].

$$CMA_t = a + bt \quad (29)$$

Los coeficientes a y b calculados se utilizan para la tendencia del promedio móvil centrado ($CMAT_t$) tal como se muestra en la Ecuación (30), donde t es el tiempo que va desde $t = 1$ para el primer dato con incremento de uno para los siguientes [18].

$$CMAT_t = a + bt \quad (30)$$

El factor de ciclo (CF_t) es el cociente entre el CMA_t y el $CMAT_t$, tal como se presenta en la Ecuación (31).

$$CF_t = CMA_t / CMAT_t \quad (31)$$

2.2.3. Método de Winters.

El método de Winters, también conocido como de Holt-Winters (Bowerman et al., 2007) se subdivide en dos modelos: (a) multiplicativo y (b) aditivo.

El método multiplicativo con la notación de Hanke y Wichern [17] se encuentra en la Ecuación (32) a la Ecuación (35).

El valor suavizado L_t está en función de la constante de suavización α ($0 \leq \alpha \leq 1$), el valor real actual Y_t , el estimado de la estacionalidad S_{t-s} , donde s es la longitud de la estacionalidad, el valor estimado del periodo anterior L_{t-1} y el estimado de la tendencia en el periodo anterior T_{t-1} tal como se observa en la Ecuación (32).

$$L_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (32)$$

En la Ecuación (33) se tiene el estimado de la tendencia T_t , que está en función del coeficiente β ($0 \leq \beta \leq 1$), el valor suavizado L_t y L_{t-1} , y el estimado de la tendencia T_{t-1} .

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (33)$$

El estimado de la estacionalidad S_t está en función del coeficiente γ ($0 \leq \gamma \leq 1$), el valor real Y_t , el valor suavizado L_t y el estimado estacional S_{t-s} , tal como se presenta en la Ecuación (34).

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (34)$$

En la Ecuación (35) se presenta el pronóstico \hat{Y}_{t+p} para p periodos en el futuro, que está en función del valor suavizado L_t , el estimado de la tendencia T_t y el estimado estacional S_{t-s+p} .

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \quad (35)$$

El método aditivo presentado por Bowerman et al. [19] utilizando la notación de Hanke y Wichern [17] se encuentra en la Ecuación (36) a la Ecuación (39).

$$L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (36)$$

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (37)$$

$$S_t = \gamma (Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (38)$$

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p} \quad (39)$$

2.3. Indicadores de error del pronóstico.

2.3.1. Desviación media absoluta.

La desviación media absoluta (MAD, mean absolute deviation) o error medio absoluto [18] se muestra en la Ecuación (40) y es igual al promedio de los n valores absolutos de las diferencias del dato real A_t y el pronóstico F_t .

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |ERROR_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t| \quad (40)$$

2.3.1. Error porcentual absoluto medio.

El error porcentual absoluto medio (MAPE, mean absolute percentage error) o error medio porcentual absoluto [18] se presenta en la Ecuación (41).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|ERROR_t|}{A_t} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \quad (41)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Figura 35 se muestra la serie de tiempo mensual del consumo interno de conservas de pescado desde el año 2011 al 2014. Estos datos para realizar los pronósticos con los modelos de regresión lineal, descomposición de series de tiempo y por el método de Winters.

Como los proyectos de inversión son proyecciones a periodos futuros, se compararán con la serie de datos mensuales del consumo interno de conservas de pescado de los años 2015 al 2019 (ver Figura 36).

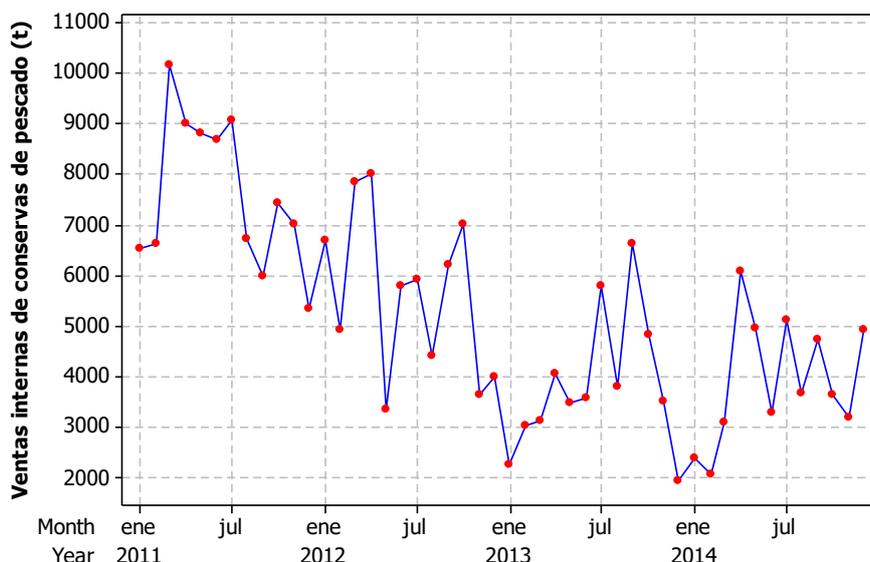


Figura 35 Consumo interno de conservas de pescado (2011-2014).

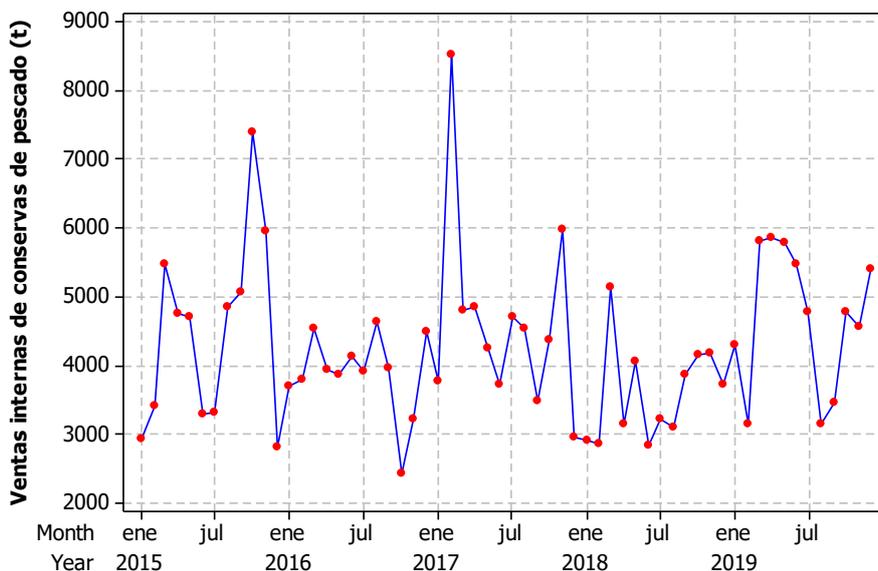


Figura 36 Consumo interno de conservas de pescado (2015-2019).

La Figura 37 muestra los pronósticos con los datos mensuales de un año (2014) utilizando el modelo de regresión lineal (a), el método de Winters multiplicativo (b) y el método de Winters aditivo (c). Como los datos mensuales eran de un año, no se implementó el método de descomposición de series de tiempo.

Se observa una pendiente positiva pronunciada en la Figura 37(a) la cual se mantiene en los pronósticos con el método de Winters de la Figura 37(b) y Figura 37(c).

En el método de Winters multiplicativo de la Figura 37(b) y el aditivo de la Figura 37(c) presentan los intervalos de predicción (PI, prediction interval) al 95%. Los PI nos brinda un intervalo en donde los pronósticos pueden estar dentro de dos valores.

Chatfield y Yar [20] propusieron un método de construcción de los PI para el método de Winters aditivo y multiplicativo.

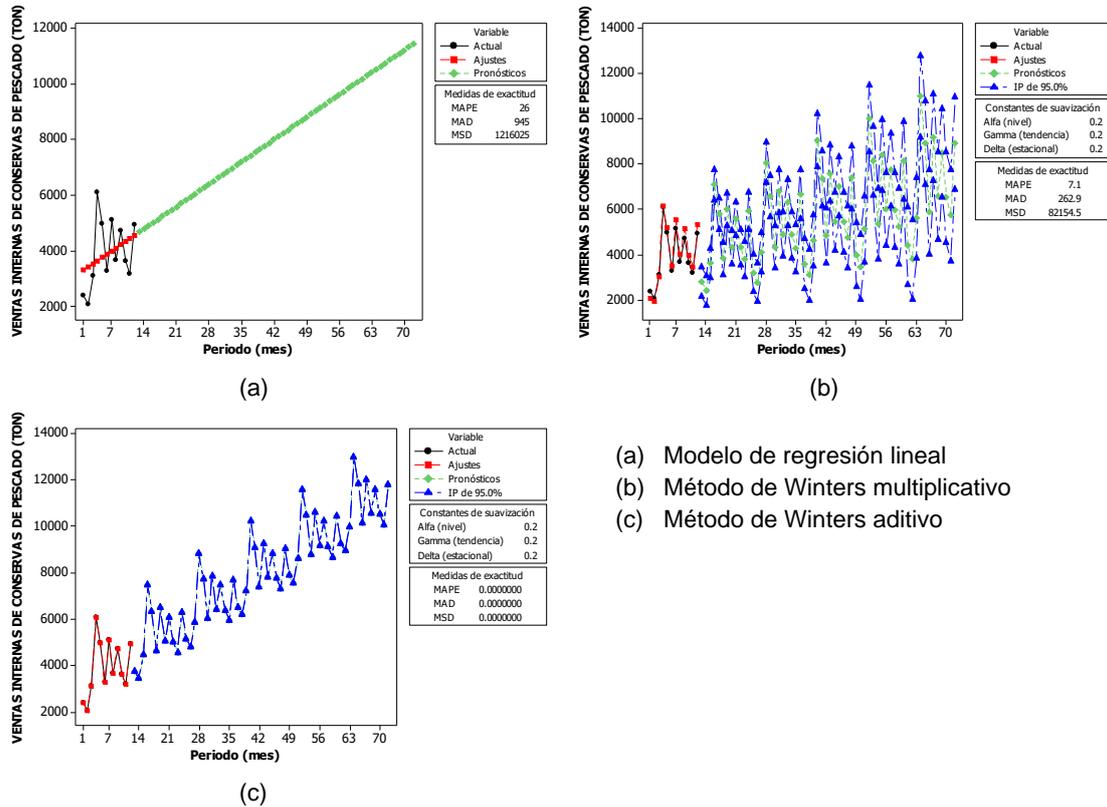


Figura 37 Pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado (datos mensuales: 2014)

En la Figura 38 a la Figura 40 se presentan los pronósticos mensuales de los años 2011 al 2019, con los datos mensuales de dos años (2013-2014) (ver Figura 38), tres años (2012-2014) (ver Figura 39) y cuatro años (2011-2014) (ver Figura 40).

En la Figura 37(a) y Figura 38(a) se observa la tendencia lineal creciente en los pronósticos y difiere al de la Figura 39(a) y Figura 40(a) que muestran una tendencia lineal decreciente.

En los modelos de descomposición de series de tiempo se utilizó una longitud estacional de 12 porque se utilizaron datos mensuales. Cuando se incluye el factor tendencia en el modelo de descomposición de series de tiempo multiplicativo estacional, se observa el efecto multiplicativo en los últimos periodos del pronóstico, ver Figura 38(b), Figura 39(b) y Figura 40(b), el cual se ve en un aumento en el efecto estacional y son diferentes los pronósticos cada doce periodos mensuales. En el modelo estacional de descomposición de series de tiempo, al no contar el efecto multiplicativo, se observa que los valores son los mismos cada doce periodos mensuales tal como se muestra en la Figura 38(c), Figura 39(c) y Figura 40(c).

En los modelos de descomposición de series de tiempo aditivo de tendencia estacional tienen variabilidad constante de pendiente positiva, ver Figura 38(d) y de variabilidad constante de pendiente negativa en la Figura 39(d) y Figura 40(d).

En los modelos de descomposición de series de tiempo aditivo estacional solo se observa variabilidad constante sin el efecto de tendencia, tal como se presenta en la Figura 38(e), Figura 39(e) y Figura 40(e).

En el modelo de Winters multiplicativo se presentan los pronósticos mensuales de los años 2015-2019 y los PI al 95%, tal como se muestra en la Figura 38(f), Figura 39(f) y Figura 40(f).

En el modelo de Winters aditivo también se presentan los pronósticos mensuales de los años 2015-2019 y los PI al 95%, tal como se muestra en la Figura 38(g), Figura 39(g) y Figura 40(g).

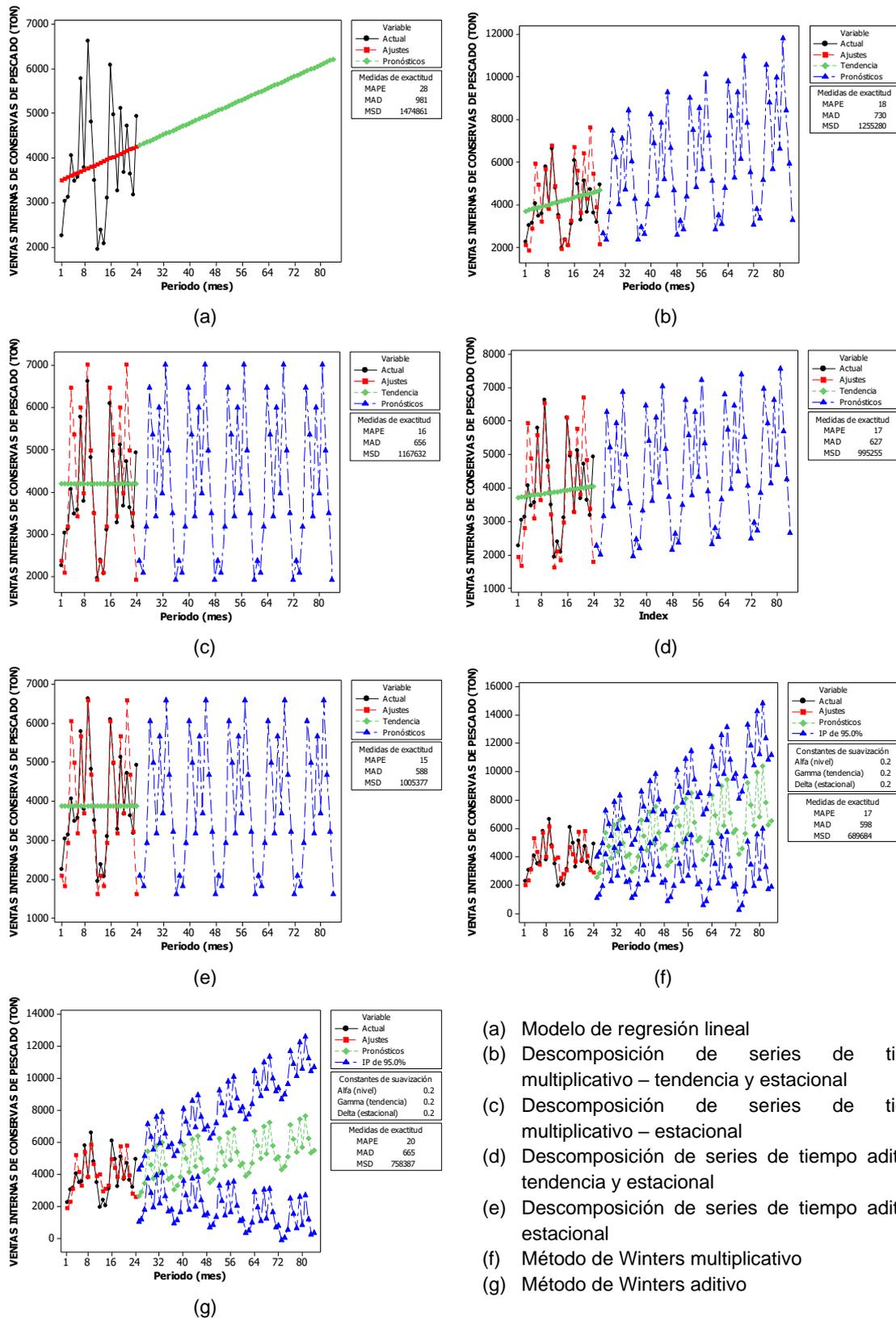


Figura 38 Pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado (datos mensuales: 2013–2014)

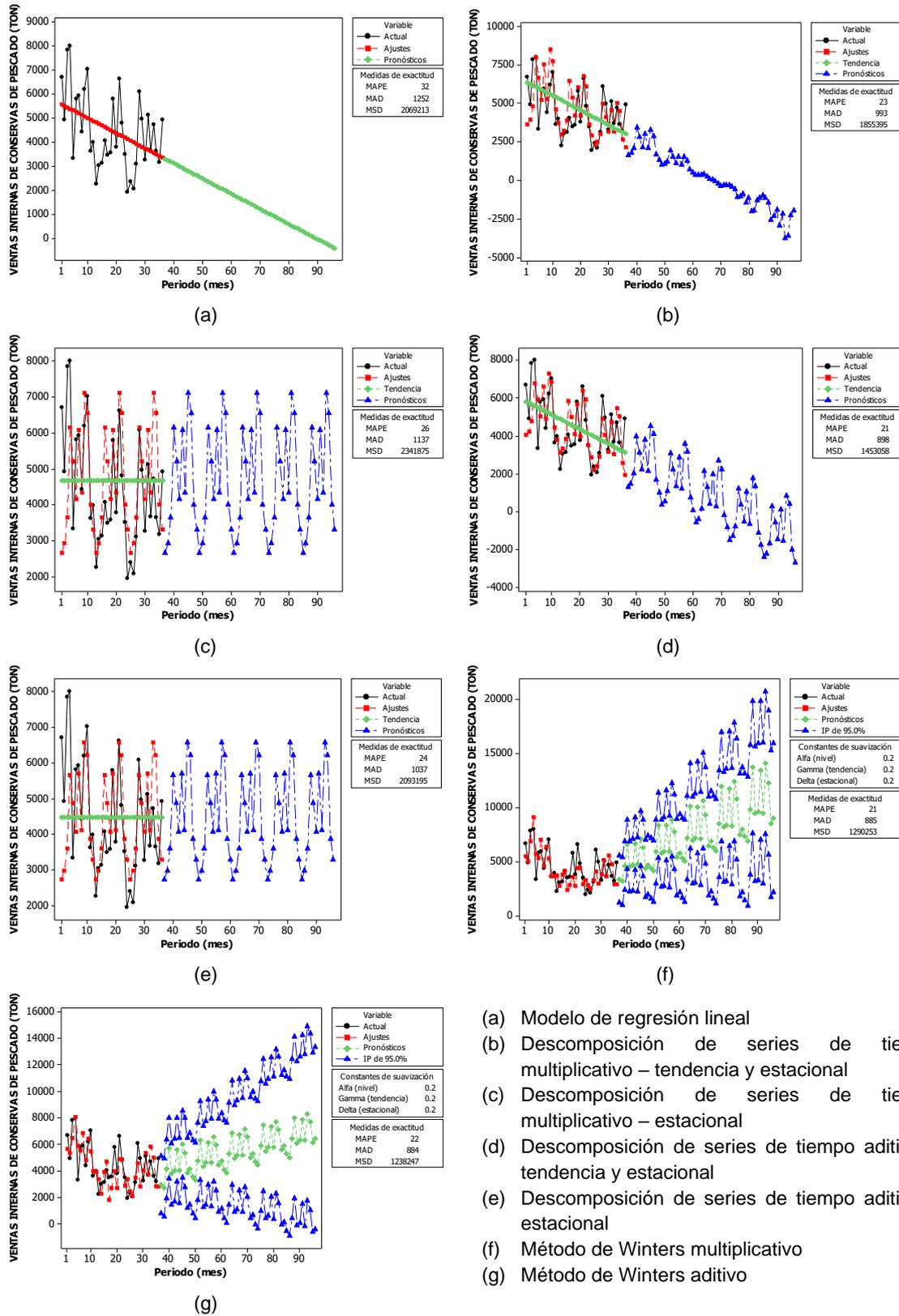


Figura 39 Pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado (datos mensuales: 2012–2014)

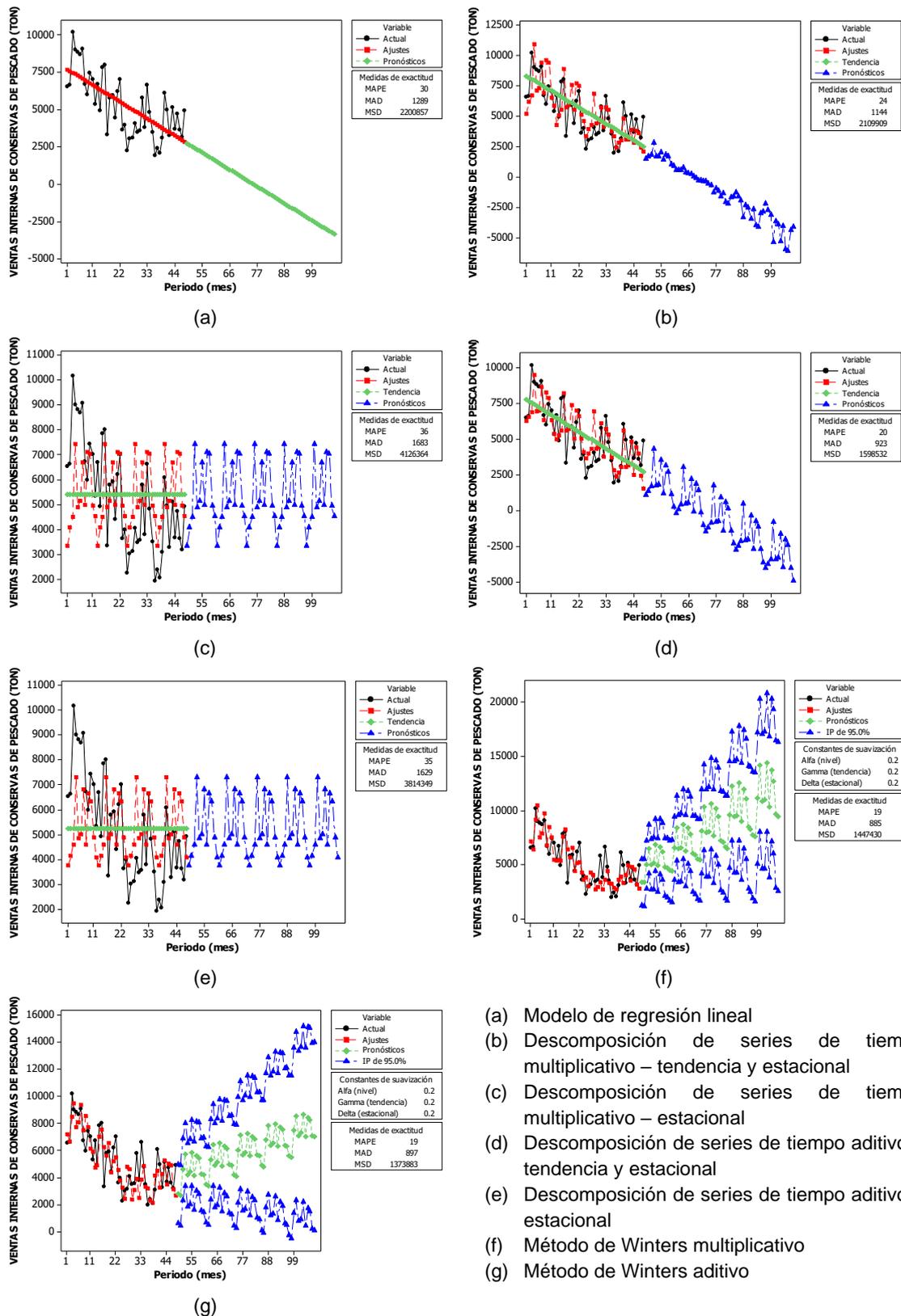


Figura 40 Pronósticos de las ventas internas de conservas de pescado (datos mensuales: 2011–2014)

En las Tabla 23 y Tabla 24 se muestran las desviaciones medias absolutas (MAD) y los errores porcentuales absolutos medios (MAPE) respectivamente calculados con los datos mensuales A_t y pronósticos F_t entre los años 2010 al 2014. Se puede observar que los periodos de cálculo van de uno a cuatro años.

En la Tabla 25 y Tabla 26 se muestran las desviaciones medias absolutas (MAD) y los errores porcentuales absolutos medios (MAPE) respectivamente calculados con los datos mensuales A_t y pronósticos F_t de los años 2015 al 2019.

Tabla 23 *Desviación media absoluta (MAD) de los pronósticos entre los años 2011–2014.*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	REGRESIÓN LINEAL (RL)	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO					
		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS	
		TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	ADITIVO
01 AÑO (2014)	945.0					262.9	0.0
02 AÑOS (2013-2014)	981.0	730.0	656.0	627.0	588.0	598.0	665.0
03 AÑOS (2012-2014)	1,252.0	993.0	1,137.0	898.0	1,037.0	885.0	884.0
04 AÑOS (2011-2014)	1,289.0	1,144.0	1,683.0	923.0	1,629.0	885.0	897.0

Tabla 24 *Error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos entre los años 2011–2014.*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	REGRESIÓN LINEAL (RL)	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO					
		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS	
		TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	ADITIVO
01 AÑO (2014)	26.00					7.10	0.00
02 AÑOS (2013-2014)	28.00	18.00	16.00	17.00	15.00	17.00	20.00
03 AÑOS (2012-2014)	32.00	23.00	26.00	21.00	24.00	21.00	22.00
04 AÑOS (2011-2014)	30.00	24.00	36.00	20.00	35.00	19.00	19.00

Tabla 25 *Desviación media absoluta (MAD) de los pronósticos de los años 2015–2019.*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	REGRESIÓN LINEAL (RL)	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO					
		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS	
		TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	ADITIVO
01 AÑO (2014)	3,898.6					2,176.3	4,022.8
02 AÑOS (2013-2014)	1,341.6	2,446.8	1,633.6	1,592.5	1,619.4	1,946.8	1,425.8
03 AÑOS (2012-2014)	2,830.1	4,227.7	1,446.3	3,540.0	1,306.9	3,674.3	1,722.7
04 AÑOS (2011-2014)	4,578.9	5,566.6	1,589.0	4,823.7	1,465.6	4,056.2	2,044.7

Tabla 26 *Error porcentual absoluto medio (MAPE) de los pronósticos de los años 2015–2019.*

PRONÓSTICO EN BASE A DATOS \ MODELO	REGRESIÓN LINEAL (RL)	DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO					
		MULTIPLICATIVO		ADITIVO		MÉTODO DE WINTERS	
		TEND. Y EST.	ESTACIONAL	TEND. Y EST.	ESTACIONAL	MULTIPLIC.	ADITIVO
01 AÑO (2014)	101.94					54.79	103.20
02 AÑOS (2013-2014)	36.23	61.27	38.98	38.50	38.28	44.71	36.42
03 AÑOS (2012-2014)	63.90	98.82	35.55	82.64	31.66	94.24	44.64
04 AÑOS (2011-2014)	107.20	131.86	41.55	114.01	38.30	103.59	52.86

Se diferenció el MAD y el MAPE de los pronósticos entre los años 2011 y 2014 y de los años 2015 al 2019. Los pronósticos entre los años 2011 y 2014 son de los datos históricos para el proyecto, en cambio los pronósticos de los años 2015 al 2019 son para el horizonte de evaluación del proyecto.

La selección del mejor método de pronóstico se enfocará en el MAD y MAPE de los pronósticos entre los años 2011 y 2014 porque se asumirá que se desconocen los datos reales de los años 2015 al 2019. El método de pronóstico seleccionado es el de descomposición de series de tiempo aditivo estacional con los datos de dos años (2013-2014) porque obtuvo el menor MAD = 588.0 (ver

Tabla 23) y menor MAPE = 15.00% (ver Tabla 24).

Sin embargo, el MAD = 1,341.6 y MAPE = 36.23% del modelo de regresión lineal para los pronósticos de los años 2015 al 2019 resultaron mejores al compararlos al MAD = 1,619.4 y MAPE = 38.28% del modelo de descomposición de series de tiempo aditivo estacional (ver Tabla 25 y Tabla 26).

4. CONCLUSIONES.

En este trabajo de investigación el mejor modelo de pronósticos utilizando los datos mensuales de las ventas internas de conservas de pescado de los años 2011-2014 es el método de descomposición de series de tiempo aditivo estacional porque al compararlo con el MAD y MAPE de los otros modelos resultó dando los menores valores. El que el modelo de regresión lineal haya dado mejores indicadores de error del pronóstico en los años 2015-2019, no significa que se elija este modelo, porque en un proyecto de inversión se debe tomar la decisión de elegir al mejor modelo de pronósticos con el supuesto de desconocer los datos mensuales proyectados de los años futuros de evaluación, en este caso de los años 2015-2019.

5. REFERENCIAS.

- [1] N. Mbuli, M. Mathonsi, M. Seitshiro, and J. H. C. Pretorius, "Decomposition forecasting methods: A review of applications in power systems," *Energy Reports*, vol. 6, no. 2020, pp. 298–306, 2020, doi: 10.1016/j.egyr.2020.11.238.
- [2] G. Merkurjeva, A. Valberga, and A. Smirnov, "Demand forecasting in pharmaceutical supply chains: A case study," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 149, pp. 3–10, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.01.100.
- [3] A. Contreras Juárez, C. Atziry Zuñiga, J. L. Martínez Flores, and D. Sánchez Partida, "Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos," vol. 32, pp. 387–396, 2016, [Online]. Available: <https://www.noegasystems.com/blog/almacenaje/almacenamiento-de-productos-perecederos>.
- [4] C. H. Menacho Chiok, "Comparación de los métodos de series de tiempo y redes neuronales," *An. Científicos*, vol. 75, no. 2, p. 245, 2014, doi: 10.21704/ac.v75i2.960.
- [5] E. G. Montes Páez, F. E. Calvete González, and C. A. Mantilla Duarte, "Aplicación De Series De Tiempo En La Realización De Pronósticos De Producción," *Rev. Fuentes el Reventón Energético*, vol. 14, no. 1, pp. 79–88, 2016, doi: 10.18273/revfue.v14n1-2016007.
- [6] PRODUCE, *Anuario Estadístico del Sector Producción 2011*. Lima-Perú, 2011.
- [7] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2012*. Lima-Perú, 2012.
- [8] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2013*. Lima-Perú, 2013.
- [9] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014*. Lima-Perú, 2014.
- [10] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015*. Lima-Perú, 2015.
- [11] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016*. Lima-Perú, 2016.
- [12] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017*. Lima-Perú, 2017.
- [13] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2018*. Lima-Perú, 2018.
- [14] PRODUCE, *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2019*. Lima-Perú, 2019.
- [15] J. Heizer and B. Render, *Principios de Administración de Operaciones*, Séptima Ed. México: Pearson Educación, 2009.
- [16] R. B. Chase, F. R. Jacobs, and N. J. Aquilano, *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*, Duodécima. México, D.F.: McGraw-Hill, 2009.
- [17] J. E. Hanke and D. W. Wichern, *Pronósticos en los negocios*, Octava Ed. México: Pearson Educación, 2006.
- [18] J. H. Wilson and B. Keating, *Pronósticos en los negocios*, Quinta Ed. México, D.F.: McGraw-Hill, 2007.
- [19] B. L. Bowerman, R. T. O'Connell, and A. B. Koehler, *Pronósticos, series de tiempo y regresión*, Cuarta Ed. México, D.F.: Thomson, 2007.
- [20] C. Chatfield and M. Yar, "Prediction intervals for multiplicative Holt-Winters," *Int. J. Forecast.*, vol. 7, no. 1, pp. 31–37, 1991, doi: 10.1016/0169-2070(91)90030-Y.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a todas las personas e instituciones que colaboraron directamente o indirectamente con la realización de este trabajo de investigación.

Análisis de las etapas de un proceso de manufactura de papel aluminio a partir de un estudio de tiempos.

Sanjuan-Galindo, Rene*, Vasquez-Macias, Paulina, Hernández-Vega José-Isidro

Centro de Investigación e Innovación Tecnológica-Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Nuevo León, Apodaca, N.L., México.

rene.sanjuan@itnl.edu.mx; pauvasmac@gmail.com; jose.isidro.hernandez@itnl.edu.mx

RESUMEN

El papel aluminio es un producto muy conocido debido a que es usado en el hogar y en varios sectores de la industria. Se utiliza en la envoltura de productos alimenticios o farmacéuticos y también en el envasado de bebidas. La manufactura de papel aluminio se realiza a través en un flujo de procesos como corte, impresión y grabado, por ejemplo. La duración de cada proceso está determinada por las operaciones que se desarrollan y por factores técnicos, humanos y de procedimiento. Lograr la eficiencia de aprovechamiento de la maquinaria es de interés en toda empresa, a fin de mejorar la producción global de la planta y, por lo tanto, ganar competitividad, bajar costos, mantenerse en el mercado, etc. El presente estudio consistió en el análisis de la variabilidad de los tiempos de procesamiento de tres procesos de una línea de manufactura de papel aluminio. Se usaron datos colectados de un estudio de tiempos y movimientos, herramientas estadísticas y un modelo desarrollado en el software Flexsim. Este análisis se desarrolló para lograr el objetivo siguiente: Proponer una estrategia de atención a las actividades identificadas como innecesarias, que son evitables y que dispersan los tiempos de procesamiento, así como evaluar su alcance en la manufactura de papel aluminio. Se presenta el análisis de los procesos, la identificación de actividades y una propuesta de seis acciones que impacte en el rendimiento global.

Palabras Claves: Papel aluminio, modelado computacional, tiempo de procesamiento.

ABSTRACT

Aluminum foil is a well-known product because of its wide use at home or in several industries. It is used to wrap food, pharmaceutical products or as beverage container. Aluminum foil is manufactured through a flow of processes such as cutting, printing and embossing, for instance. The duration of each process is determined by the operations involved but also by technical, human and procedural factors. Achieving efficiency in the use of machinery is of interest of any company, in order to improve the overall production of the plant and therefore, gain competitiveness, to reduce costs, remain in the market, etc. The present study consisted in the analysis of the processing times variability of three processes of an aluminum foil manufacture line. Collected data from a time and motion study, statistical tools and a computational model using Flexsim software were used. This analysis was carried out to achieve the following goal: To propose a strategy to address the activities identified as unnecessary, which are avoidable and disperse the processing times, as well to evaluate their scope in the aluminium foil manufacture. It is presented the processes analysis, the activities identification and a six actions proposal which will impact on the global performance.

Keywords: Aluminum foil, computational modeling, manufacture process time.

1. INTRODUCCIÓN

El aluminio es el metal más abundante sobre la corteza terrestre [1, 2]. Su gran demanda en la industria, comercio y servicios lo posiciona como el segundo metal más utilizado en el mundo, después de las aleaciones de acero. En México, la producción de aluminio y otros metales continúa siendo primordial en la cadena productiva, en el desarrollo económico y en su balanza comercial. México es un importante proveedor de este metal a países importadores como Estados Unidos de Norteamérica [3]. La manufactura y procesamiento de aluminio, junto al hierro y el acero, son de relevancia estratégica en la cadena productiva para la producción de numerosos insumos requeridos en sectores como el transporte, automotriz, aeroespacial, eléctrico, electrónico, construcción, alimentos, envasado, empaçado, farmacéutico, electrodomésticos, informáticos, telecomunicaciones, entre otros. El aluminio tiene uso industrial y doméstico debido a su baja densidad y a la resistencia que ofrece ante la corrosión, ambas características permiten la diversificación de los usos del aluminio, que le dan ventaja preferencial frente al acero. Para mejorar sus propiedades, las aleaciones de aluminio se preparan con metales como Mg, Si, Fe, o La o Ce, inclusive [4]. La forma más general de uso del aluminio es el papel aluminio. Este producto consiste en una lámina muy fina y muy maleable, de espesor que oscila entre 0.006 mm (6 μm) como límite inferior y 0.2 mm (200 μm) como límite superior, según lo establece la norma ISO 7271:2011 [5]. Entre sus usos más comunes están el de envoltura o empaque para artículos del sector alimenticio, farmacéutico, golosinas, chocolates, y varios más [6]. Sus funciones son las de proteger y conservar el producto, mejorar la presentación ante el consumidor, prevenir el daño por humedad, evitar cambios de aspecto, textura o sabor del producto, brinda protección contra insolación, polvo, entre otros usos [7.]. Para tal propósito, la manufactura del aluminio se conoce como laminación, en el que es tratado y adherido a películas plásticas, papel, tintas o cartulinas.

De la manera más general, la fabricación del papel de aluminio está definida por los siguientes procesos: laminación, impresión, corte, laqueado, grabado y encerado [6,7]. En su manufactura, el aluminio es transportado como bobinas que deben desenrollarse para permitir el procesamiento y al término de cada proceso el aluminio debe secarse, volver a enrollarse en bobinas y continuar al siguiente proceso. Sin embargo, en un proceso poco automatizado y con alto nivel de intervención de los operadores, el factor humano es primordial en la variabilidad de los tiempos de proceso pues de ellos depende la operación de la maquinaria, la manipulación del producto. La eficiencia de cada proceso dependerá de la buena organización de la empresa, de la comunicación entre las áreas, del nivel de entrenamiento del personal y de la capacidad de respuesta para cumplir los programas de mantenimiento preventivo o correctivo.

Básicamente, la laminación de aluminio consiste en adelgazar y estirar el metal en caliente o en frío, al ser pasado entre rodillos rotatorios. La impresión del papel aluminio consiste en el grabado de formas o figuras y puede ser necesaria la aplicación de una tinta, inclusive. También puede ser necesaria la aplicación de un adhesivo y un material secundario como papel bond, polietileno, terfane, cartón, entre otros. El laqueado se realiza después del proceso de impresión y consiste en la aplicación de una capa uniforme de laca por una o ambas caras del papel. En el proceso de encerado, el papel aluminio se sumerge en la cera para que actúe como un adhesivo entre el aluminio y el material del empaque. En el proceso de corte, el papel aluminio se hace pasar por la máquina hendedora en la cual las cuchillas proceden a cortar, de acuerdo a la distancia indicada y dependiendo de la familia del producto, es decir, de acuerdo a la clasificación del material de acuerdo a su grosor. Mediante el proceso de grabado se le da relieve y se modifica la textura del papel [7]. Algunos problemas recurrentes en la manufactura de laminación de papel aluminio son: a) Formación de túneles o formación de pliegues transversales debido a la falta de tensión uniforme a lo ancho del material, ocasionada por desalineamiento de los rodillos y/o variación de calibre o desgaste en los rodillos; b) Formación de arrugas diagonales dirigidas hacia el mismo punto, causadas por algún rodillo, o debido a torceduras de lámina de aluminio, variación en el diámetro del rodillo, variación de presión en el nip en los rodillos o diferencias de temperatura a lo ancho del rodillo; c) Tallado o rizado, se presenta en las capas más cercanas al core o núcleo de la bobina, del material que sale de la impresión. Este defecto es la mayor causal de desperdicio y se debe a la contracción de capas externas y al aire atrapado entre las capas. También se produce al haber insuficiente torque diferencial, pérdida de tensión, falta del control de tensión, cambios de velocidad, o desaceleración rápida del rollo; d) *Curling*, o pérdida de la planitud, es la deformación del material cuando tiende a irse hacia arriba o hacia abajo y se produce por la elongación de alguna de las capas; e) Defectos de apariencia causados por temperatura inadecuada del adhesivo, baja aplicación de adhesivo, o inadecuada temperatura del rodillo de laminación; f) Burbujas o formación de puntos grises que se producen por la ausencia de tinta, falta de contacto del material con la tinta, presencia de partículas extrañas o aire atrapado; e) La delaminación se presenta en el proceso de impresión y es causado por residuales de solventes o un tratamiento inadecuado con los adhesivos; y f) Telescopio, se refiere al desplazamiento lateral de las capas del rollo desde el core hacia el perímetro (deformación de la bobina), se produce por un excedente de adhesivo o por la presencia de aire atrapado durante el embobinado [8]. La aparición de estos defectos puede prevenirse con un adecuado programa de mantenimiento de la maquinaria, supervisión del proceso y entrenamiento

de los operadores; de otra forma, estos defectos son causales de material defectuoso y del retraso en alguna etapa la manufactura, paros de máquinas, cuellos de botella y, por lo tanto, pérdidas para la empresa.

En los procesos de manufactura actuales, las industrias no solamente deben actualizar su tecnología [9]. Las empresas que incorporan en sus procesos de manufactura las herramientas de la Industria 4.0 ganan competitividad en el mercado, mejoran sus procesos, su logística y la gestión en general de la empresa. Así también, logran optimizar el uso de sus insumos, la materia prima, el uso de maquinaria, el recurso humano, la información, los espacios, el consumo de servicios, el manejo de almacenes y la distribución de producto terminado. La automatización, IoT, Machine learning, la visión artificial, la realidad virtual, el modelado por computadora de los procesos de manufactura, y otros más, son herramientas de la industria 4.0 que permiten estudiar, analizar y mejorar los procesos industriales para detectar áreas de oportunidad, cuellos de botella y evaluar cambios en la línea de producción, con la ventaja de no agregar costos adicionales y su experimentación no afecta la línea de producción. El modelado computacional de las operaciones de los procesos de manufactura permite simular, visualizar y monitorear la dinámica de los procesos para evaluar cambios y estrategias de mejora que sustente la toma de decisiones, no solamente en la estructura organizacional, sino también en la línea de producción o en la proyección de crecimiento y desarrollo de la empresa [10, 11]. En el trabajo de De Carlo *et al.*, [9] los autores reportaron una simulación computacional de eventos discretos enfocado a un análisis de comparación de la eficiencia de tres posibles opciones de distribución de planta. Los parámetros que consideró el estudio fueron el tiempo de producción, el tiempo de espera del operario, la relación entre el tiempo de producción y el tiempo de valor añadido, el número de pedidos anuales. El resultado que obtuvieron permitió la identificación de la mejor distribución de planta, reducir residuos y costes de rediseño, así también, el estudio definió mejoras que, al implementarse, permitirían mejor rendimiento del sistema. El software FlexSim es una herramienta computacional que se ha propuesto para evaluar el desempeño de la organización, sin intervenir físicamente y de manera anticipada a la implementación práctica de alguna modificación en los procesos [12, 13]. En otro estudio, Zomparelli *et al.* se desarrolló un modelo computacional para identificar la mejor redistribución del proceso de manufactura de colchones [14]. El punto de partida del estudio fueron las condiciones de inicio y los tiempos de procesamiento, como resultado de dicho estudio fue una definición de mejoras que impactarían los costos, el desempeño de trabajo y la eficiencia. En otro estudio desarrollado por García y Romero, se evaluó el efecto del número de colaboradores en la eficiencia de una línea de tejido en el sector textil para la producción de insumos de seguridad. Mediante simulación por computadora, los autores compararon el desempeño de cuatro posibles escenarios. Sus resultados sugieren que la implementación de sus hallazgos sería promotora del incremento de la productividad hasta 20 % [15].

En el presente trabajo se describe el análisis de las etapas de manufactura de papel aluminio de una planta que desarrolla corte, impresión y grabado. Se observan problemas de retraso en el procesamiento de material. En la planta se procesan materiales de diferente grosor, clasificado por familias. El orden de procesamiento es indistinto, pero los tiempos de operación son inconsistentes y dependen de múltiples factores, varios de los cuales pueden ser previsibles y eliminados. El análisis que se presenta, está centrado en atender el tiempo de procesamiento del material de cada proceso y los factores que lo afectan. El tiempo requerido en el proceso de corte alcanza 5.6 h, el proceso de impresión alcanza 30.9 h y el proceso de grabado alcanza hasta 6.3 h. En suma, el procesamiento de una sola bobina en estos tres procesos puede requerir más de 42 h. Durante este intervalo se registran cambios de turno, rol de operarios, paros por fallos de la operación del proceso, etc. El tiempo de procesamiento incluye el tiempo de uso de la máquina y el tiempo necesario para las maniobras de la bobina. En la planta no se observó el seguimiento de planes del cumplimiento de metas de mejora.

Derivado de lo anterior, los tiempos excesivos de procesamiento y la necesidad de un plan de mejora, justifican la necesidad del presente trabajo, desarrollado para impactar en el tiempo de procesamiento de las bobinas de aluminio. El estudio que se exhibe está basado en información obtenida de un análisis tiempos y movimientos de tres etapas de manufactura: corte, impresión y grabado, se aplican herramientas estadísticas -función PDF gamma- y un modelo mediante el software de simulación Flexsim. El objetivo del presente trabajo es proponer una estrategia de atención a las actividades identificadas como innecesarias, que son evitables y que dispersan los tiempos de procesamiento, así como evaluar su alcance en la manufactura de papel aluminio.

2. PROCEDIMIENTOS, EQUIPOS Y MÉTODOS

2.1. Manufactura de papel aluminio.

El estudio que se presenta se basó en un estudio de tiempos y movimientos desarrollado por Mujica [16] para una línea de producción de manufactura de papel aluminio de una planta del corporativo Almexa, una empresa especializada en la fabricación de productos de aluminio [6]. Para el estudio de tiempos se siguió la técnica de cronómetro, que es una de las metodologías usadas con mayor frecuencia para estos propósitos [17]. En la Figura 1 se muestra el diagrama de las

operaciones de la manufactura de laminado de papel aluminio. Los procesos que fueron considerados son corte, impresión, y grabado. Se observa que los procesos de corte y de grabado se desarrollan en solamente tres operaciones. Sin embargo, el proceso de impresión se desarrolla en cinco operaciones: desbobinado, impresión, secado, impresión y embobinado. Esta condición los posiciona en el de mayor cantidad de operaciones. Se observa que cada proceso inicia con una operación común que es el desbobinado del papel aluminio, posteriormente, el material se introduce a la máquina en la que es procesado y al término del proceso, el material se vuelve a embobinar para ser trasladado al siguiente proceso.

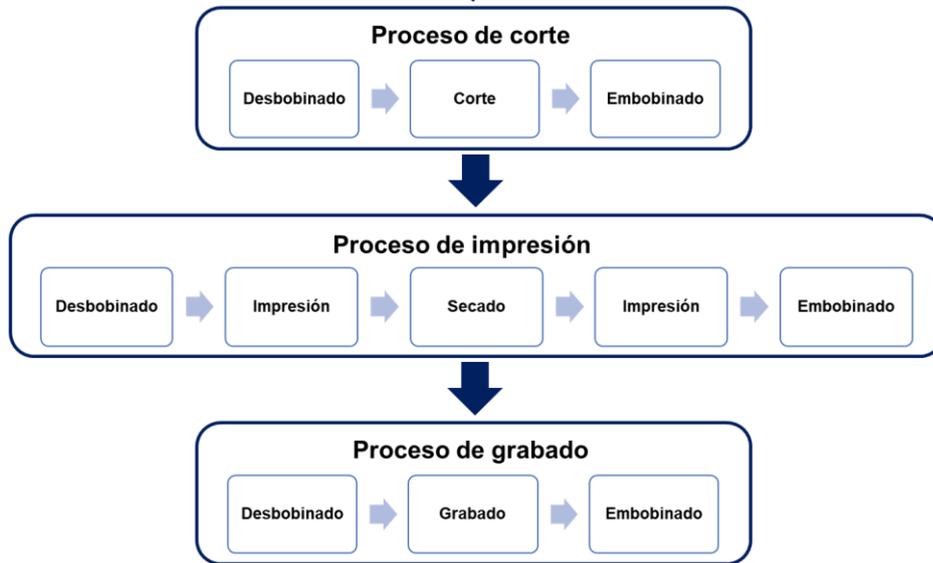


Figura 1 Diagrama de operaciones de los procesos considerados en la manufactura de papel aluminio.

2.2. Modelado computacional.

La construcción del modelo de simulación se realizó en el software Flexsim 7.7 siguiendo la configuración del esquema mostrado en la Figura 2.



Figura 2 Diagrama de construcción del modelo de simulación en Flexsim.

En el modelo de simulación se integraron los procesos descritos en la sección 2.1: laminado, corte, impresión, y grabado. La simulación consideró 16 objetos en total, fueron incluidos 7 operadores, 3 máquinas y 6 líneas de espera (Tabla 1). El modelo también considera seis filas o líneas de espera, por ejemplo, cada fila corresponde a la espera del material previo al proceso. El material de flujo del proceso es el aluminio y es transportado entre cada máquina por los operadores.

Tabla 1 Cantidad de objetos considerados en los procesos para simulación.

Procesos	Cantidad de operadores	Máquinas	Líneas de espera	Total de objetos
Corte	2	1	2	
Impresión	3	1	2	
Grabado	2	1	2	
Total	7	3	6	16

El layout para el modelo de simulación se realizó conforme a las dimensiones de la planta de manufactura del papel aluminio. Las distancias y la colocación de objetos del proceso corresponden a la escala del proceso de manufactura. El layout de la planta se realizó en AutoCad® y se exportó a FlexSim, posteriormente se agregaron las locaciones (máquinas, operadores, conveyors, etc.). En la Figura 3 se muestra el Layout del modelo de simulación preparado en Flexsim y la conexión de objetos y locaciones. En el modelo de simulación se muestra todo el proceso, sin embargo, en el análisis solamente están consideradas las operaciones de corte, impresión y grabado.

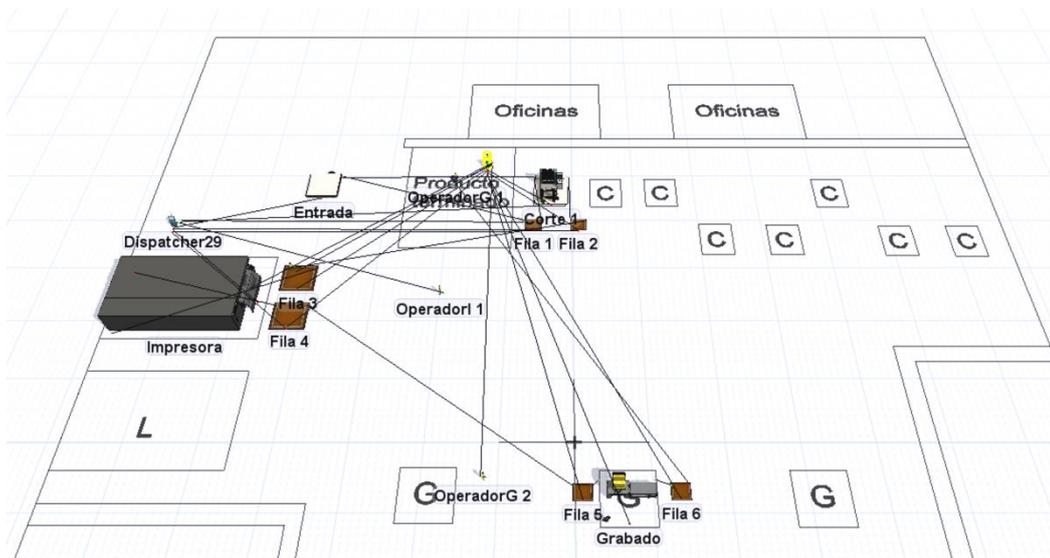


Figura 3 Layout del modelo estructurado en Flexsim para simulación de la manufactura de laminado de papel aluminio. Se muestra la conexión entre los objetos.

2.3. Frecuencias de entrega de materia prima y de tiempos de proceso.

La frecuencia de alimentación de la materia prima que entra a la manufactura se programó en Flexsim evitando la saturación de producto antes de entrar a proceso. La frecuencia de alimentación de producto a los procesos de corte, impresión y grabado fue determinada mediante una prueba de verisimilitud desarrollada en el software Minitab con un nivel de confianza de 95%. La distribución gamma (Ecuación 1) fue elegida al satisfacerse la prueba de ajuste de bondad para $p > 0.05$ [18]. Los parámetros estimados con esta función fueron alimentados a Flexsim para modelar conforme una distribución de datos similar a la real.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, & x > 0 \\ 0, & \text{resto} \end{cases} \quad (1)$$

La función de densidad mostrada en la Ecuación 1 considera para los parámetros de ajuste que $\alpha > 0$ y $\beta > 0$, siendo la media $\mu = \alpha\beta$ y la desviación estándar $\sigma^2 = \alpha\beta^2$ [19].

En el proceso real, el tiempo que demora cada proceso no está bien definido. Es una variable que depende de múltiples factores: tipo de producto, fallas de operación, etc. Sin embargo, los datos de la duración de procesos también siguen una distribución gamma, por lo que, para modelar el proceso, también se hizo de manera aleatoria en Flexsim. El tiempo total de simulación en Flexsim fue de 48 horas.

3. RESULTADOS

3.1. Comparación de actividades y tiempos de proceso en la planta.

El análisis a las actividades que realizan los operadores en cada proceso se muestra en la Tabla 2. Estas actividades fueron clasificadas en cuatro grupos: operación, transporte, inspección y demora. El proceso más complejo es el de impresión, pues demanda al operador el mayor número de actividades. Se proporcionan ejemplos para cada grupo. Operación: ajustar cuchillas, prueba de grabado después de cambiar la laca, ajuste del rodillo, etc. Transporte: trasladarse por el rodillo, trasladarse para buscar alguna herramienta, hacer una consulta con el supervisor, etc. Inspección: obtención de muestra para evaluación de calidad, revisar viscosidad de la laca, etc. Demora: distracción de los operadores, espera, búsqueda de herramienta, cambio de turno.

Puede observarse que la mayor cantidad de actividades que realiza el operador, independientemente del proceso, son demoras, lo que representa una gran área de oportunidad para proponer una mejora al proceso. En la Figura 4 se compara la distribución del tiempo acumulado de las actividades de cada grupo. Nuevamente, se corrobora que las actividades de demora son las que más retienen al operador.

El conjunto de actividades que realiza el operador se clasificó de acuerdo a la contribución reflejada en el proceso de manufactura. De esta manera, las actividades que son indispensables fueron clasificadas como inevitables, por ejemplo: fallos, eliminación de material defectuoso, ajustes en la máquina, remplazo de piezas en la máquina, inspección de material, ajuste de parámetros de operación de la máquina, calibración de la operación de la maquinaria, limpieza de la maquinaria, etc. Por otro lado, las actividades que no contribuyen al proceso de manufactura fueron clasificadas como evitables, a partir de las cuales se puede diseñar una estrategia que las elimine.

Tabla 2 Comparativo de actividades y tiempos que demandan los procesos de corte, impresión y grabado.

Comparación de tiempos de los procesos	Clasificación y cantidad de actividades observadas				Total de actividades por proceso
	Proceso	Operación	Transporte	Inspección	
Corte	9	0	3	28	40
Impresión	25	5	9	67	106
Grabado	9	0	1	39	49

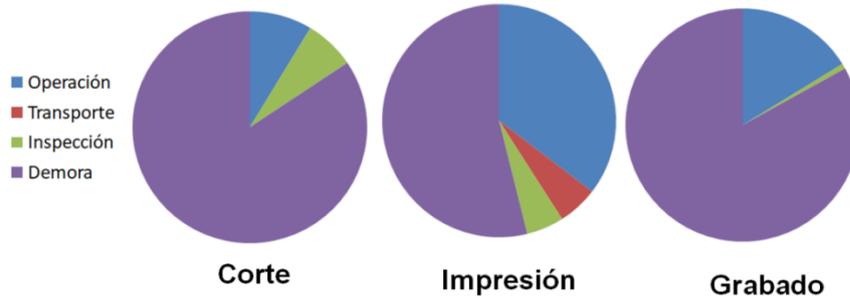


Figura 4 Distribución del tiempo de preparación en porcentaje.

También pueden mencionarse algunos ejemplos de actividades evitables: espera al técnico, actividad duplicada, uso de piezas equivocadas, falta de material preparado para cargar la máquina, búsqueda de herramienta, paros de máquina no justificados, espera de un operador, uso de material defectuoso, actividades propias del operador o abandono de la máquina, realización equivocada de alguna actividad, uso de material mal etiquetado, actividades diversas, etc. Estas actividades limitan el desarrollo de los procesos y son causales de los paros de máquina, paros de proceso o detienen material sin procesar en la línea de manufactura.

Tabla 3 Comparativo de los tiempos de cada proceso de acuerdo al tipo de actividades que realiza el operador para preparar el material y al tiempo de uso de la máquina.

Comparación de tiempos de los procesos	Clasificación del tiempo		Tiempo de preparación del proceso [A] + [B] = [C] (min)	Tiempo de máquina [D]		Tiempo de proceso por bobina [C] + [D]	
	Inevitable [A] (min)	Evitable [B] (min)		Tiempo mínimo (min)	Tiempo máximo (min)	Tiempo mínimo (min)	Tiempo máximo (min)
Corte	98.80	167.2	266	10.51	73.43	276.51	339.43
Impresión	706.88	696.56	1,403	122.97	449.97	1,526.41	1,853.41
Grabado	202.01	121.30	323	3.01	54.4	326.32	377.71
Intervalo de tiempo necesario para procesar una sola bobina (min):						2,129.24	2,570.55

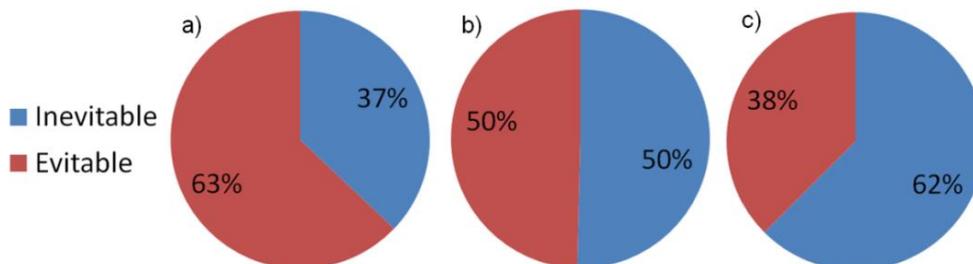


Figura 5 Acumulación de tiempos por proceso: a) Corte Impresión, b) Impresión y c) Grabado.

La cuantificación en tiempo de las actividades evitables y las inevitables se exhibe en la Tabla 3. La preparación de material para impresión es donde se registra la mayor cantidad de actividades. La comparación porcentual de actividades evitables e inevitables se muestra en la Figura 5 para los tres procesos.

El impacto que tiene el conjunto de actividades en el procesamiento del material se puede conocer en la Tabla 3. El tiempo de preparación del material [C] es el resultado de sumar el tiempo que consumen las actividades inevitables [A] y las actividades evitables [B] Los tiempos exclusivos de uso de la máquina requerido para procesar el aluminio depende de múltiples factores y no está estandarizado. Se encontró que depende del grosor del material, de los paros técnicos, de los

defectos encontrados, etc. En la Tabla 3 también se reporta el rango de datos (tiempo mínimo y tiempo máximo) medido en la planta por cada máquina: corte, impresión y grabado. Puede observarse en esta misma tabla también que el tiempo total requerido para el procesamiento total de una sola bobina hay un rango de variación de va de 2,129 min (35 h) a 2,570 min (42 h).

3.2. Simulación de la variabilidad de los procesos.

El orden de las piezas procesadas en la simulación por Flexsim fue aleatorio, sin preferencia específica por algún tipo de material o familia (grosor de la lámina). En el estudio no se observó que hubiera acumulación de material en ninguna de las filas de espera. Los tiempos mínimos (t_{min}) y máximo (t_{max}) que se obtuvieron por simulación se presentan en la Tabla 4, y se comparan con el rango de tiempos registrados en la planta de manufactura.

Tabla 4 Comparación de la distribución de tiempos de proceso en planta, respecto a la simulación.

Proceso	Planta		Simulación	
	t_{min} (min)	t_{max} (min)	t_{min} (min)	t_{max} (min)
Corte	10.51	73.43	10.02	54.60
Impresión	122.97	449.97	117.99	355.80
Grabado	3.01	54.4	6.37	50.18

Para conocer la correspondencia de los valores obtenidos por simulación con los datos de planta, en la Figura 6 se compara la distribución gamma (Ecuación 1) de los tiempos de procesamiento. Los datos se muestran en la manera siguiente, según el proceso: Figura 6a – corte, Figura 6b – impresión y Figura 6c – grabado.

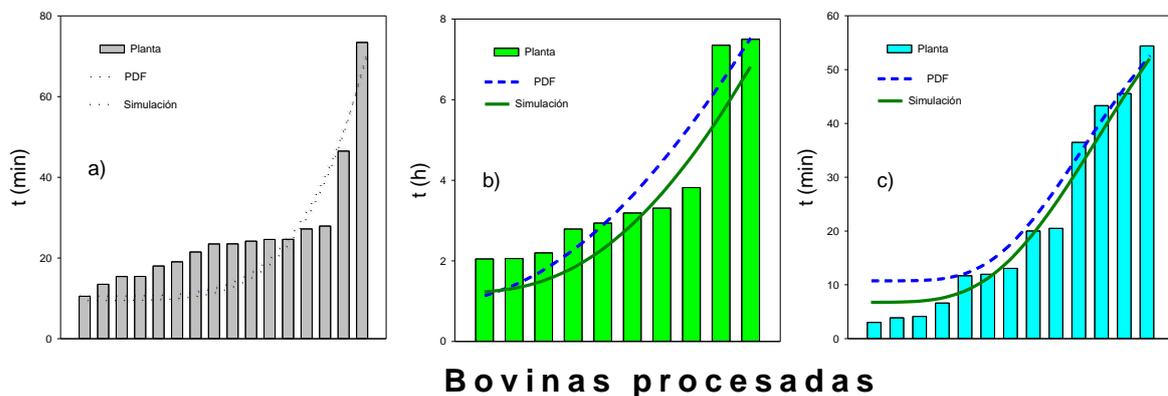


Figura 6 *Dispersión de los tiempos de procesamiento de planta y su distribución por estimación estadística y por validación computacional para los procesos de: a) Corte, b) Impresión y c) Grabado. Las barras representan los tiempos de procesamiento de bobinas individuales medidos en planta. La distribución gamma se representa con una en color verde y la validación computacional se representa con líneas segmentadas en color azul.*

En la Figura 6, los datos de los tiempos medidos en planta están representados con gráficos de barras verticales. Cada barra corresponde al tiempo de procesamiento de una sola pieza (bobina de aluminio). Esta pieza fue procesada en orden aleatorio en la planta de producción, independientemente al espesor del material (familia). La longitud de las barras representa el tiempo necesario para que la pieza sea procesada en la máquina incluyendo cuatro tipos de actividades propios de la operación de la máquina: a) las que son propias del proceso: desbobinado, lavado, secado, embobinado, b) los tiempos de carga y descarga y el tiempo para resolver roturas, c) las actividades que realiza el operario para el funcionamiento de la máquina: ajuste de cuchillas, toma de muestras, revisión de los parámetros de la maquinaria, ajuste de rodillos y d) los paros de la máquina por falla en la presión de la máquina, derrame de tinta o fallos mecánicos o eléctricos. Se observa que el tiempo de procesamiento más extenso ocurre en el proceso de impresión (más de 7 h), mientras que los procesos de corte y grabado demandan tiempos más cortos (73 y 54 min respectivamente).

La diferencia de tamaño entre la barra más corta y la barra más larga del mismo proceso, corresponde a la información que se mostró en la Tabla 4 (t_{min} y t_{max}). Las dos funciones de densidad gamma (Ecuación 1) también se presentan en la Figura 6. La curva que representa la distribución de los datos registrados en la planta está representada por la curva PDF mostrada en color azul y segmentada). La segunda curva mostrada (línea continua en los procesos de laminado, impresión

y grabado, y discontinua en el gráfico del proceso de corte) corresponde a la función PDF de los valores que fueron estimados mediante simulación computacional en Flexsim.

Las curvas mostradas representan la variabilidad que se registra en la duración de los procesos y que es atribuible a varios factores, básicamente, los tipos de familia del material procesado, el número de operaciones, el factor humano y los eventos inherentes a la operación de la maquinaria, que, a su vez, también son muy numerosos y diversos. Cada familia es susceptible de causar diferentes tipos paros, por ejemplo, deformación de la bobina, incumplimiento del estándar de calidad del producto, producto defectuoso por fallas, desestabilización de la maquinaria, entre otros.

3.3. Propuesta de mejora y su efecto en la manufactura.

El análisis del desempeño de las etapas de la manufactura de papel aluminio permitió identificar 20 actividades evitables en el proceso de corte, 56 en el proceso de impresión y 23 en el proceso de grabado. La extinción de dichas actividades es posible, siguiendo la filosofía de trabajo de manufactura esbelta. La identificación y extinción de todo tipo de desperdicios, incluyendo aquellas actividades que demandan exceso de recursos mejora el aprovechamiento del tiempo de uso de maquinaria, reduce los tiempos de espera, los movimientos, el sobre-procesamiento, los traslados y los productos con defecto [20]. La estrategia que se propone se conforma por seis acciones y se enfoca a extinguir actividades no necesarias, tal como se describe a continuación.

3.3.1 Implementación de un programa de capacitación al personal de planta.

Este programa permitirá que los operadores de la maquinaria atiendan de manera pronta operaciones como ajuste de las máquinas, manejo de material y en general, realización de actividades de mantenimiento autónomo de las máquinas, entre otras.

3.3.2 Implementación de un programa efectivo de mantenimiento.

Este programa debe considerar y verificar la ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo oportuno de toda la maquinaria y equipo. Su efecto se verá traducido en prevención de fallas no esperadas y evitar demoras o paros del proceso.

3.3.3 Mejoramiento del aprovisionamiento en la cadena de suministro.

La elaboración de un plan efectivo de distribución de insumos, materia prima y la instalación de una estación cercana al área de trabajo que esté abastecida con herramientas indispensables. Esta acción evitará la distracción de los operarios, el abandono de su área de trabajo y la falta de atención al proceso.

3.3.4 Implementación de un plan de estandarización de trabajos.

Este plan permitirá la homologación del desarrollo de actividades de los procesos, y permitirá que todos los operadores que intervienen en la operación de maquinaria y manejo de material realicen sus actividades de manera homogénea y oportuna.

3.3.5 Implementación de un sistema de comunicación efectiva.

Un sistema de comunicación por radio, por internet, apoyado con focos de colores o sonidos, evitará que operador requiera trasladarse para comunicarse con el supervisor o con el personal de mantenimiento.

3.3.6 Sistema de muestreo y verificación programado.

Se refiere a la implementación de un sistema coordinado para la toma de muestras para el aseguramiento de la calidad del producto, de manera que el muestreo no provoque paros excesivos.

Se asume que la implementación coordinada de esta estrategia debe reducir la variabilidad del tiempo de procesamiento en cada proceso, y de manera secundaria, impactar en la reducción de paros, disminución de material defectuoso, eficiencia del uso de la maquinaria, aumento del número de piezas procesadas, entre otros. De esta manera, la estimación de los tiempos de producción considerando la eliminación total de actividades evitables permite establecer metas que impacten en cada proceso. En porcentaje, la reducción estimada de los tiempos de procesamiento es: 51% en el tiempo en el corte, 62% en el tiempo de impresión y 68% en el tiempo en el grabado. El beneficio de tal propuesta no solamente se espera en la mejora del tiempo de producción, sino también en el incremento de bobinas procesadas y la reducción del consumo de servicios como la electricidad, entre otros.

4. CONCLUSIONES.

Se analizaron las actividades desarrolladas en los procesos de manufactura de papel aluminio. A partir de un estudio de tiempos y movimientos se realizó la identificación de las actividades que realizan los operadores de la maquinaria: operación, transporte, inspección y demora. Se observó que en el grupo de demora se concentran el mayor número de actividades que realiza el operario y consume la mayor parte de tiempo, más del 50 %, inclusive. Esta condición es relevante y merece atención.

También se analizó la clasificación de las actividades de acuerdo a la contribución que tienen a la manufactura. Se evidenciaron actividades que son indispensables para los procesos y por lo tanto son inevitables. Sin embargo, otro grupo de actividades son evitables debido a que no aportan a la manufactura, causan retrasos o paros y reducen la eficacia de todo el proceso. Se

observó que las actividades evitables son numerosas y se eleva más del 60 % en el proceso de grabado, por ejemplo. Esta diferenciación de actividades explica parcialmente los tiempos extendidos que duran los procesos, hasta 30 h en el proceso de impresión, y justifica la necesidad de contar con estrategias de mejora.

También se estudió la duración de los tiempos de cada proceso y se encontró amplia variabilidad y una dispersión que sigue una función de distribución gamma. Esta misma variable fue modelada en Flexsim. Se determinó que la dispersión de los tiempos de procesamiento se debe a múltiples factores, entre otros, el cambio del tipo de producto de procesamiento, el factor humano, la maquinaria y el cumplimiento de los planes de mantenimiento, o la interrupción de servicios de apoyo.

Para cumplir el objetivo del estudio se desarrolló una propuesta de mejora con un enfoque de manufactura esbelta para la eliminación de las actividades evitables, principalmente las demoras. Esta propuesta contempla seis acciones estratégicas que se concentran en capacitación, mantenimiento, aprovisionamiento, estandarización, comunicación y verificación. El alcance de esta propuesta es reducir considerablemente la duración de cada proceso e impactar en la reducción del tiempo de procesamiento de cada bobina. Su implementación está basada en el cumplimiento de metas para disminuir hasta el 68 % del tiempo de proceso. El nivel de implementación y el seguimiento correspondiente agregarán valor a la cadena de producción, que estará reflejado en la reducción de los tiempos de procesamiento, la prevención de paros y en el rendimiento global.

5. REFERENCIAS.

- [1] ATSDR. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; (2008). Resumen de Salud Pública. Aluminio. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs22.pdf (última consulta: agosto, 2021).
- [2] Casting. Alluminium in packaging. Disponible en: <http://packaging.world-aluminium.org> (última visita: 30 de mayo de 2021).
- [3] CANACERO. Cámara Nacional del Aluminio y el Acero; (2021). Disponible en: www.canacero.org.mx (última consulta: agosto, 2021).
- [4] Gasik, Michael M.; Mazur, Vladislav I. (2003). Creation of master alloys for aluminum. Cap. 3. En: *Handbook of aluminium*. Totten George E.; Mackenzy, D Scott. Vol. 2. Marcel Dekker Inc. New York. Pp. 81-114.
- [5] ISO 7271:2011. Aluminium and aluminium alloys — Foil and thin strip — Dimensional tolerances.
- [6] Maldonado M. A. (2008). *Acciones para aumentar la eficiencia, en el área de convertido en una empresa de papel aluminio*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo.
- [7] Kerry Y. J. (2012). Aluminium foil packaging. Cap. 9. En: *Packaging technology. Fundamentals, materials and processes*. Woodhead Publishing. Estados Unidos. Pp 163-177.
- [8] Wilmer. (S/f). El empaque y conversión. www.elempaque.com (última visita: 15 de junio de 2021).
- [9] De Carlo, F.; Arleo, M. A.; Borgia, O.; Tucci, M. (2013). Layout design for a low capacity manufacturing line: A case study. *International Journal of Engineering Business Management*. 5: 1-10.
- [10] Law Averill M.; (2015) *Simulation Modelling and Analysis*. Fifth Edition. McGraw Hill. Tucson, Arizona, USA.
- [11] Florescu, A.; Barabas, S. A. 2020. Modeling and simulation of a Flexsim manufacturing system-A basic component Industry 4.0. *Applied Sciences*, 10, 20.
- [12] Ishak A.; Faiz A. Z.; Sekar A. C. (2020). Production line simulation in vise using the Flexsim application. IOP conference series: *Materials Science and Engineering*, 1003, 012103.
- [13] Antonelli, D.; Litwin, P.; Stadnicka, D. (2018). Multiple system dynamics and discret event simulation for manufacturing system performance evaluation. 6th CIRP Global Web Conference. Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era. *Procedia CIRP*. 78: 178-183.
- [14] Zomparelli, F.; Petrillo, L.; Di Salvo, B.; Petrillo, A. (2018). Re-engineering and relocation of manufacturing process through a simulative and multicriteria decision model. *IFAC PapersOnLine*, 51, 11, 1649-1654.
- [15] García, F. J.; Romero, J. G. (2020). Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial. *Revista Internacional de Investigación Innovación Tecnológica*, 44, 22-40. Coahuila, México.
- [16] Mujica, M. H. (1999). *Redistribución y aplicación de tiempos y movimientos en una planta industrial*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- [17] Zandin, Kjell; Maynard, Harold. (2001). *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. McGraw-Hill. New York.
- [18] Mendenhall, W.; Beaver, R. J.; Beaver, B. M. (2006) *Introducción a la probabilidad y estadística*. Décima tercera edición. CENGAGE Learning. México.

[19] Vargas Sabadías, Antonio. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. Universidad de Castilla-La Mancha. Segunda edición. Colección Ciencia y Tecnología. España.

[20] Hernández, J. C.; Vizán, A. I. (2013). *Lean Manufacturing; Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México), por la beca otorgada en la Convocatoria de Becas Nacionales 2020 a la coautora P. Vasquez - Macias.

Gestión de la Cadena de Suministros para Mejorar los Procesos de Abastecimiento y Distribución de Bienes y Alimentos en Comedores Populares, en el Escenario de La Pandemia Covid 19

Valdivia, Gloria; Mejía, Renato; Lescano, Miguel; Dextre, Gustavo

*Facultad de ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima.
gvaldivia@uni.edu.pe , lmejia@uni.pe, mlescano@uni.pe , gustavo.dextre.z@uni.pe*

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata del desarrollo de un Modelo de Cadena de Suministros que Gestionará el Conocimiento del MIDIS y las municipalidades a partir del diagnóstico situacional y mapeo de los procesos, para identificar los problemas de pronóstico, abastecimiento, producción y distribución de bienes alimentos en los comedores populares que atienden en el escenario del Covid 19. Se identificaron los puntos más críticos del proceso de abastecimiento de comedores y los retos logísticos que implican.

El proyecto se desarrollará en dos distritos ubicados en Lima Sur-Distrito de Lurín y en el Distrito de San Juan de Miraflores, considerando que son zonas representativas de poblaciones en situación de pobreza y/o vulnerabilidad.

Se levantó información de los involucrados en la SCM alimentaria, en todos los niveles: autoridades, líderes de comedores, y beneficiarios finales, para rediseñar los procesos y proponer un Modelo de SCM que permita mejorar el abastecimiento y distribución de bienes en casos de desastres naturales.

Palabras Claves: Cadena de Suministros, abastecimientos, distribución.

ABSTRACT

This research work deals with the development of a Supply Chain Model that will Manage the Knowledge of MIDIS and the municipalities from the situational diagnosis and mapping of the processes, to identify the problems of forecasting, supply, production and distribution of food goods in the soup kitchens that serve the Covid 19 scene. The most critical points in the soup kitchen supply process and the logistical challenges they imply were identified.

The project will be developed in two districts located in South Lima-Lurín District and in the San Juan de Miraflores District, considering that they are representative areas of populations in situations of poverty and / or vulnerability.

Information was collected from those involved in the food SCM, at all levels: authorities, cafeteria leaders, and final beneficiaries, to redesign the processes and propose a SCM Model that allows improving the supply and distribution of goods in cases of natural disasters.

Keywords: Supply Chain, supplies, distribution.

1. INTRODUCCIÓN

Los comedores populares y las ollas comunes constituyen la primera línea de atención alimentaria para miles de familias que se ven afectadas por la actual crisis sanitaria producida por el covid-19. En este escenario, el abastecimiento de insumos y raciones es el proceso clave para la gestión sostenible de cientos de comedores y ollas comunes en el Perú.

El presente trabajo de investigación trata del Diagnóstico de la Cadena de Suministros, para identificar los problemas de abastecimiento y distribución de bienes alimentos en los comedores populares que atienden en el escenario del Covid 19, y proponer un modelo que permita a los responsables de la gestión alimentaria de la municipalidad, calcular con eficiencia y eficacia la necesidad de inventarios, para mejorar la distribución de los bienes hacia los centros de distribución y de producción de alimentos. La metodología contempla el diagnóstico, y la propuesta de modelamiento para el caso de abastecimiento y distribución.

Se desarrollará un Modelo que Gestionará el Conocimiento a partir del histórico de demanda para hacer la planificación y programación del abastecimiento de los comedores mejorando los programas y procedimientos de ayuda humanitaria, que se aplican repetitivamente a nivel de estado.

Se desarrolla un Modelo de Gestión de Cadena de Suministros para hacer la planificación y programación del abastecimiento de los comedores mejorando el abastecimiento y la distribución de ayuda humanitaria, que se aplican repetitivamente a nivel de estado.

La metodología contempla las etapas de:

1. Diagnóstico, donde se hará el levantamiento de información, para hacer la planificación y organización de la investigación.
2. Diseño y Modelamiento, se logrará el entendimiento del Sistema y el mapeo de los procesos.
3. Configuración y desarrollo, se hará la parametrización, el cálculo de inventarios y los modelos de distribución, transporte y almacenamiento.
4. Desarrollo del Modelo.

El Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (Midis) reportó que el 73% de los 13 644 comedores del ámbito del Programa de Complementación Alimentaria (PCA) reiniciaron sus operaciones en el país aplicando los lineamientos de seguridad sanitaria para evitar la propagación del coronavirus.

Los dirigentes y coordinadores de las ollas comunes en zonas populares y en los asentamientos humanos de los distritos de Lima han vuelto después de muchos años a sociabilizar, organizarse y coordinar con sus municipalidades la activación de sus centros de producción, ya que son en el actual escenario de pandemia, un recurso para salir de la crisis alimentaria a consecuencia de la crisis económica. El contexto actual exige una activación más efectiva de los comedores y ollas de cuando empezaron a funcionar has más de 30 años a raíz de la crisis que sufrió el país con el ajuste neoliberal implementado por Alberto Fujimori, en agosto de 1990.

Existe un vínculo directo entre la emergencia económica y la emergencia alimentaria que afecta a los más empobrecidos y vulnerables como resultado de las medidas implementadas para contener el COVID-19.

En el Perú, la emergencia sanitaria derivó en una emergencia económica y ésta en una emergencia alimentaria que afecta a decenas de miles de peruanas y peruanos que duermen cada noche con hambre sin poder ejercer su derecho a la alimentación. (Santandreu 2021)

En muchas zonas populares y asentamientos humanos, además de brindar un plato de comida, las ollas comunes han logrado que las y los vecinos vuelvan a hablar, a conectarse, a organizarse y a luchar. Organizadas en la Red de Ollas Comunes de Lima Metropolitana, las y los dirigentes de las ollas se movilizaron para demandar a las municipalidades distritales, al Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) y al Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma (PAEQW) que cumplieren con el apoyo prometido por el Gobierno. Denunciaron las arbitrariedades en el registro y la distribución de alimentos y realizaron propuestas de financiamiento para contar con recursos públicos que permitiesen enfrentar la emergencia alimentaria.

Junto a las ollas comunes, la Mesa de Trabajo de Seguridad Alimentaria perteneciente a la Comisión Metropolitana de Medio Ambiente, Salud y Bienestar Social de la Municipalidad Metropolitana de Lima, desarrolló diversas acciones que han permitido visibilizarla emergencia alimentaria, demandando que se cumpla el derecho humano a la alimentación y pidiendo que las ollas se incluyan en el Programa Hambre Cero, que fue anunciado por Francisco Sagasti, presidente de la República, durante su discurso en la asunción de mando.

Por su parte, la respuesta alimentaria brindada por el Gobierno, a través del MIDIS y Qali Warma, fue tardía y no siempre llegó a quienes lo necesitaban. Fue tardía porque unas pocas ollas comunes comenzaron a recibir algunos alimentos a partir de octubre, siete meses después de declarada la pandemia –a diciembre, la mayor parte de ollas no habían recibido ningún tipo de ayuda–. Pero,

además de tardía, la ayuda no siempre llegó a quienes lo necesitaban por dificultades en el registro y la distribución de los alimentos a cargo de las municipalidades distritales.

La lucha de las ollas comunes junto a la Mesa de Trabajo de Seguridad Alimentaria ha trascendido a la alimentación como un problema individual colocándola como una lucha colectiva por la dignidad humana, por el derecho humano a la alimentación, por la seguridad alimentaria con soberanía y por la justicia social.

Ayuda, asistencia y emergencia alimentaria Cuando sucede un evento catastrófico de origen natural como un sismo, el fenómeno El Niño, friajes, inundaciones o deslaves, el Gobierno suele declarar el estado de emergencia como forma de implementar medidas extraordinarias de respuesta que permiten llegar a quienes más lo necesitan en la forma más rápida posible. Por ejemplo, entre el 16 de enero y el 1 de junio del 2017, el Gobierno declaró 10 veces el estado de emergencia en diferentes provincias y distritos a medida que las consecuencias del fenómeno El Niño Costero se agravaban. El estado de emergencia fue acompañado por la declaración de emergencia sanitaria en algunas provincias y distritos. Si bien el COVID-19 es una situación muy particular, nadie dudaría que se trata de un evento catastrófico de origen sanitario. Como resultado de nuestra convivencia histórica con eventos catastróficos, el país sí cuenta con una memoria institucional e instrumentos de gestión que le permiten actuar en forma rápida y relativamente efectiva ante situaciones de emergencia. Pese a esto, para enfrentar las consecuencias alimentarias de la pandemia, el Gobierno optó por declarar el estado de emergencia y la emergencia sanitaria, pero no la emergencia alimentaria.

Como resultado, la respuesta se implementó con un enfoque de ayuda alimentaria a través de los programas regulares del MIDIS, como el Programa de Complementación Alimentaria (PCA), que atiende a los comedores populares y los programas sociales, como el Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma que pasó a atender, excepcionalmente, a las ollas comunes amparado en el Decreto Legislativo N.º 1472¹. Sin embargo, a pesar del esfuerzo, no se logra atender de manera permanente a toda la población necesitada, ya que es tanta la pobreza que no tienen los cuatro, tres o dos soles por ración alimentaria y buscan ayuda en ollas comunes que no funcionan diariamente porque funcionan gracias a donaciones. La respuesta es muy ineficaz porque la ayuda no llega a las personas que verdaderamente requieren un apoyo solidario, y a la vez es ineficiente debido al tiempo de demora en la entrega de los productos que satisfacen las necesidades en estas circunstancias. Los comedores populares que pertenecen al Programa de Complementación Alimentaria, en todo el país, se reactivaron luego de la inmovilización social obligatoria que decretó el Gobierno.

Los comedores populares del ámbito del PCA son organizaciones sociales de base, aliadas estratégicas del Estado, que brindan alimentación a bajo costo a pobladores vulnerables.

“Desde el Midis se monitorea y apoya la gestión de los comedores populares en estrecha coordinación con los municipios.

De los 10 310 comedores populares en el interior del país, se reactivaron 6857 (67%); de los 3031 existentes en los distritos de Lima Metropolitana, 2782 volvieron a funcionar; y de los 323 que hay en el Callao, 312 están operando nuevamente.

2. DE LA INVESTIGACIÓN

La gestión logística de las operaciones de atención de desastres, llamada también logística humanitaria (Baldini, et al., 2012), es una disciplina que se ha desarrollado en respuesta a la creciente severidad y frecuencia de los desastres, tanto naturales como causados por el hombre (Camacho-Vallejo, et al., 2015)

Descentralización de compra y distribución de ayuda Alimentaria utilizando blockchain, contratos Inteligentes y múltiples tokens fungibles

Ariel E. Scaliter (Abril 2020)

La municipalidad de Lima tenía registradas 377 ollas comunes hasta julio del 2020. A finales de año el número llegó a 901. En total, más de 100 mil limeños subsisten gracias a este sistema (hispanv.com). La tabla N°1 muestra las ollas registradas por la MML durante el segundo semestre del 2020. La economía peruana está en recesión y las autoridades estiman que el PBI cayó 12.5% en el 2020.

Actores y Stakeholders

A inicios de este año, la Comisión de Medio Ambiente, Salud y Bienestar Social de la Municipalidad Metropolitana de Lima creó la Mesa de Trabajo de Seguridad Alimentaria mediante el Acta N.º 001-2020-MML/CMMASBS. La cual la conforman representantes de: la Red Ollas Comunes, la Gerencia de Participación Vecinal de la Municipalidad de Lima, la Iglesia, el MIDIS y el programa Qaliwarma. La figura 1 nos muestra la conformación de los actores y stakeholders de la Mesa de Trabajo de Seguridad Alimentaria.

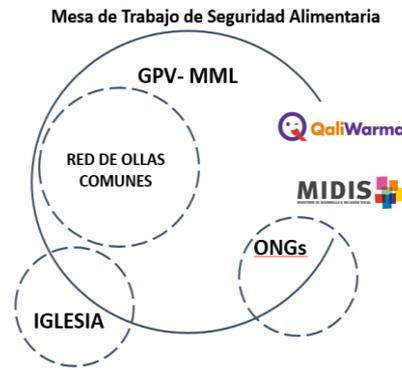


Figura 1: Mesa de Trabajo de Seguridad Alimentaria
Fuente: Elaboración propia.

Se hacía pues necesario conciliar con los actores y los organismos involucrados, un Modelo de Gestión de Cadena de Suministros que permita mejorar los Procesos involucrados en la atención a comedores populares, en ésta situación de pandemia, considerada como un desastre natural; por lo que formulamos el siguiente problema de investigación: ¿En que medida un Modelo de Gestión de la Cadena de Suministros, mejorará el abastecimiento y distribución de bienes en casos de desastres naturales? Siendo los objetivos específicos, primero, determinar de qué manera el modelo SCM mejorará el abastecimiento de bienes en el caso del Covid 19, segundo, determinar de qué manera el modelo SCM mejorará la distribución de bienes en el caso del Covid 19 y tercero la formación de capacidades y competencias de los stakeholders.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La gestión de riesgos en situaciones de emergencias y desastres naturales conlleva una importante labor de coordinación de todas las partes implicadas. Esta coordinación también afecta a la logística para el manejo de los suministros humanitarios. Y es que debe existir un control del recorrido de estos suministros desde su origen hasta sus destinatarios. Se trata de un aspecto vital en catástrofes como terremotos, inundaciones o incendios. De esta forma, el profesional dedicado a la Gestión de Riesgos en Emergencias debe conocer las principales claves en la logística en emergencias y desastres.

De acuerdo con Mohan, Gopalakrishnan y Mizzi (2011), las cadenas de suministro humanitaria caen en dos grandes categorías: preparadas y dispuestas o bien, en unidad con los organismos de respuesta a la crisis, y éstas se repiten a la fecha, donde los stakeholders autoridades del gobierno central, de las municipalidades, iglesia, ONGs y los representantes de beneficiarios no manejan un modelo efectivo de cadena de suministros, debido a que no estandarizan las actividades por procesos ni manejo de información precisa y menos en tiempo real.

La cadena logística de los suministros en emergencias

La cadena logística en situaciones de emergencias es la encargada de entregar las provisiones y materiales a los lugares y en el momento en el que son requeridas durante una situación de catástrofe. Esta cadena tiene diferentes componentes, que deben desarrollarse simultáneamente y han de ser considerados integralmente.

Partes de la cadena de suministros en desastres naturales

Entre las distintas partes que conforman la cadena logística de suministros en emergencias podemos encontrar las siguientes:

1. El abastecimiento en desastres naturales y emergencias

El abastecimiento en la Gestión de Riesgos en Desastres es la puesta a disposición de los suministros necesarios a las organizaciones asistenciales. Estas pueden ser una ONG o algún organismo gubernamental. Estos suministros se han agrupado en 10 categorías siguiendo una normativa internacional. Entre ellas, se encuentran los medicamentos, el agua y el saneamiento ambiental, los recursos humanos (voluntarios, etc.) o los alimentos y bebidas.

2. El transporte como parte de la logística de emergencias

El transporte es una parte fundamental de la cadena logística de suministros en emergencias. Es el medio por que se hacen llegar los suministros y el personal humano a los lugares donde son necesarios. La estrategia en esta área debe tener en cuenta las posibilidades reales y las alternativas para la entrega pronta y segura de la asistencia.

3. El almacenamiento de suministros

Una vez que llegan a su destino, los suministros tienen que ser protegidos en algún sitio hasta ser distribuidos o utilizados. El almacenamiento tiene que seguir un sistema organizado, que permita saber el tipo, la cantidad y la localización de las provisiones existentes. A la hora de seleccionar el emplazamiento para almacenar los suministros se tendrá que tener en cuenta el tipo de provisión a almacenar o la seguridad del sitio.

4. La distribución de suministros en situaciones de catástrofes

Otro aspecto clave en la logística de desastres es la distribución en sí de los suministros. De esta forma, la idea consiste en entregar la asistencia a las personas afectadas por el desastre o a las organizaciones encargadas de su manejo. La distribución no puede ser indiscriminada, debe ser proporcional y tener un control. A la hora de realizar esta entrega deben seguirse unos principios. Entre ellos, por ejemplo, que la asistencia se entregue únicamente a la gente que realmente la necesita y ser proporcional a su necesidad.

Cadena de abastecimiento y sus actores en escenario de desastre natural

En la historia humana, siempre se han presentado desastres naturales, que han afectado no sólo a las personas en lo individual, sino que han llegado a tener efectos catastróficos en la economía de naciones completas.

En años recientes ha crecido la percepción de que los fenómenos naturales que afectan a poblaciones y ciudades en todo el mundo son cada vez más frecuentes. La logística para mover mercancías en el comercio internacional puede verse como un reto, pero también como una apuesta, pues casi nunca falta un elemento imprevisto que pone en riesgo la cadena de suministro en su conjunto. Ahora imaginemos la logística para salvar vidas humanas en casos de desastre. Aquí, no sólo se trata de llevar suministros sino de hacerlo en tiempos apremiantes y en condiciones todas ellas adversas.

Logística y desastres

Cada desastre es único. Esta premisa nos debe alertar sobre las dificultades que entraña la reacción logística ante cualquier acontecimiento con consecuencias catastróficas. Las condiciones geográficas, climáticas, orográficas, entre muchas otras determinarán el nivel de desafío que habrá que enfrentar para llevar provisiones de la manera más rápida posible.

Una sociedad medianamente previsora deberá al menos contar con:

- Centros de acopio previamente identificados.
- Sistema de alerta según corresponda al tipo de riesgo (inundación, terremoto, maremoto, etcétera).
- Redes de comunicación alternativa para tratar de mantener la comunicación el mayor tiempo posible con la población afectada.
- Evaluación de las afectaciones y, por tanto, determinación de las necesidades (recuérdese que en no pocas ocasiones se llevan suministros no solicitados o que no tienen utilidad para el tipo de emergencia).
- Rutas de evacuación previamente señaladas a la población.
- Identificación de proveedores según los requerimientos.
- Puntos de almacenamiento más cercanos al lugar del siniestro.
- Un grupo de expertos en logística que determine las acciones de transporte y suministro.
- Un aspecto crítico tiene que ver con la actitud de las aduanas, que normalmente dificultan la salida de donaciones y en general de los productos que deben llevarse a la zona de desastre.
- Contactos con entidades internacionales que pueden ofrecer cualquier tipo de ayuda, sea en asesoría, en especie, hospitalaria o monetaria (Cruz Roja, OMS, UNICEF, UNHCR, etcétera).
- Coordinar ayuda ofrecida por otros países. Este no deja de ser un tema delicado, pues

muchos gobiernos ven un signo de debilidad si aceptan en primera instancia este tipo de ayuda y no es sino hasta muy tarde cuando se ven obligados a aceptar dicha ayuda.

En otro plano, en lo más alto de la planeación se deberán seguir acciones que tienen que ver con:

- Análisis de costos con el propósito de reducir al mínimo el gasto, pues nunca se sabe cuánto durará la emergencia y la necesidad de dinero casi siempre va en aumento.
- Aun cuando se trata de acciones apremiantes, no se debe dejar de lado un control de calidad, pues acciones equivocadas o materiales defectuosos sólo agravarán las cosas.
- Negociar con proveedores que puedan efectivamente poner a disposición productos necesarios, por los cuales probablemente habrá que pagar un precio más alto, pero que lo valen en circunstancias donde está en peligro la vida humana.
- Lamentablemente muchas medicinas y alimentos requieren de refrigeración, lo que en esas circunstancias resulta un verdadero desafío, pues probablemente ya no se cuente con suministro eléctrico en la zona devastada.
- Igualmente resulta delicado el riesgo de contaminación tanto del agua como de otros víveres, lo que puede inutilizar el esfuerzo realizado para llevarlos hasta el lugar del desastre.
- Definición de rutas y medios posibles a través de mapas y señalizaciones estratégicamente ubicadas. La dinámica del desastre afecta múltiples infraestructuras, pero al mismo tiempo se pueden tomar decisiones para reconstruir los tramos más críticos para restablecer accesos.

Asimismo, podemos reconocer que afortunadamente el desarrollo tecnológico se ha convertido en un importante aliado para las organizaciones y las personas que buscan intervenir en casos de desastre: los sistemas geográficos de información y las comunicaciones celulares y muchas otras, representan una nueva oportunidad para ser más efectivos en situaciones de desastres.

Se puede decir que la fórmula ante los desastres es: prevenir, estar alerta, estar preparado y esperar la ayuda profesional en un entorno de solidaridad y sobre todo nunca perder la esperanza.

4. GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

En esta investigación se basa en el modelo de SCM para poder recopilar la información de todos los procesos involucrados de la gestión de cadena de suministros y poder optimizar los costos de transporte para la distribución de insumos en los centros de acopio.

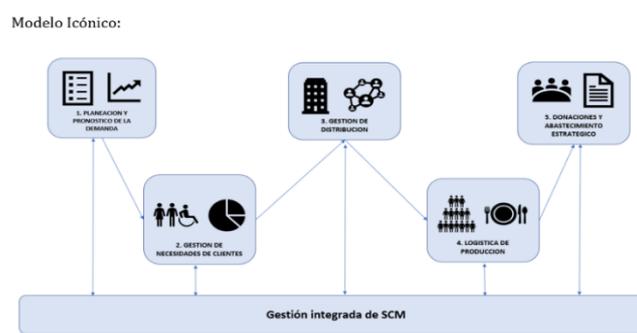


Figura 2: Modelo de gestión de cadena de suministros alimentaria propuesto

Fuente: Basado en el Modelo SCM

Como se puede observar en la figura 2, el modelo de gestión de cadena suministros que ahora lo estamos enfocando para ayuda humanitaria en zonas vulnerables del distrito.

En esta etapa del modelo se administra la distribución de raciones alimenticias desde la cadena de suministro hacia los comedores populares, como respuesta a los requerimientos generados en la etapa anterior. El input de este proceso es la base de datos con el lugar, número y la necesidad de los damnificados, para ahora distribuir. Se planea, organiza y ejecuta la rotación de bienes a distribuir desde un centro de distribución ubicado estratégicamente en cada zona de estudio respectivamente. El modelo que describe las actividades y procedimiento de esta etapa del modelo se muestra en la figura 3.

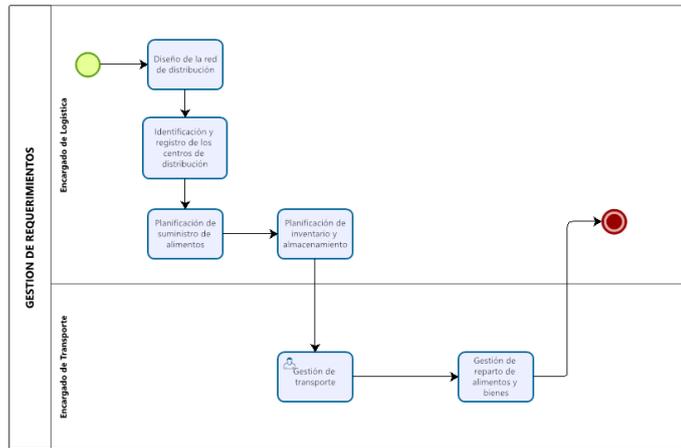


Figura 3: Modelo del proceso de gestión de la distribución
Fuente: Elaboración propia

Esta etapa del modelo es análoga al proceso de compras, pero con la información del proceso anterior, se gestionan las donaciones de los proveedores, quienes tendrán la información ante otro siniestro de esa magnitud y sabrán cuánto donar a cada a centro de distribución. El modelo que describe las actividades y procedimiento de esta etapa del modelo se muestra en la figura 4.

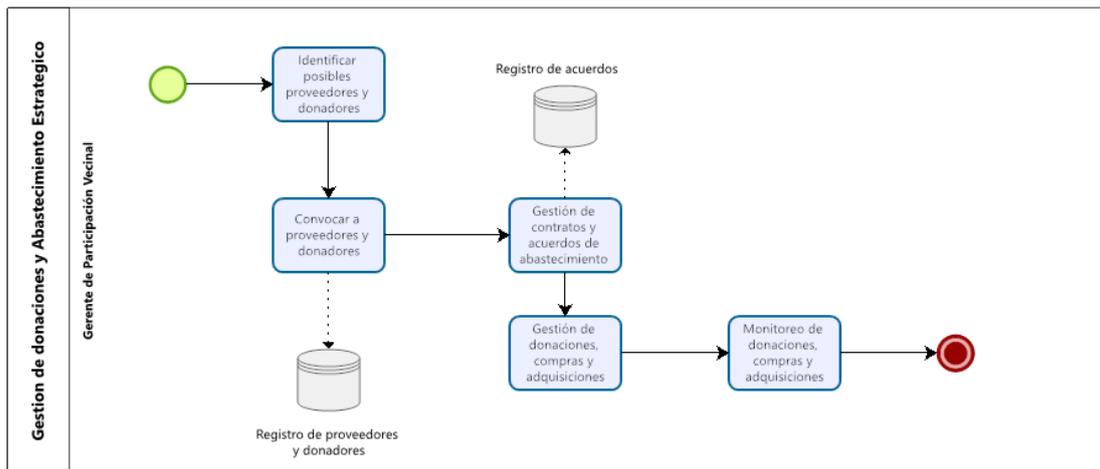


Figura 4: Modelo del proceso de Abastecimiento
Fuente: Elaboración propia

Entonces es aquí donde nos involucramos en la realización de un modelo de base de datos para poder tener identificados todos los procesos y la información que viaja mediante los mismos. Para poder planificar la demanda, abastecer los centros de distribución para que luego sean llevado a los centros de acopio y por último tener una auditoria del inventario y los gastos que se hagan en estos procesos.

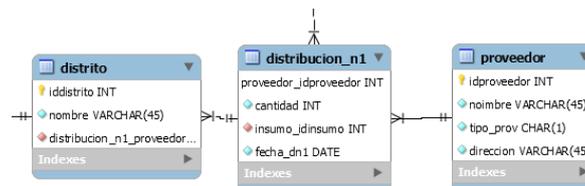


Figura 5: Distribución de insumos, desde el proveedor a los distritos
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra un fragmento de toda la base de datos, la cual es una de las partes principales en la distribución, ya que los proveedores pueden ser donadores, o puede ser que sea mediante un convenio con la municipalidad de cada distrito. Es aquí donde los insumos se suministran a cada distrito, es por ello que lo llamamos distribución de primer nivel (distribución_n1), en el segundo nivel será el suministro de cada distrito a cada centro de acopio (o centro de

distribución) tal como se puede ver en la figura 6, aquí de manera similar se le llama distribución de segundo nivel, y al final pasaría de los centros de acopio a los comedores u ollas comunes



Figura 6: Distribución de los insumos desde los distritos hasta los centros de distribución
Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS

Se utilizó los datos de los comedores de todas las zonas del distrito de Lurín, lo cual en total son 57, se encuestó a las personas que trabajan en cada comedor y tenemos una demanda y oferta aproximada acorde a la realidad.

Uno de los principales resultados de la optimización de los costos del modelo de transporte se muestra en la Figura 7, se muestra la ruta más óptima desde que fuentes a que destinos se deben ir para poder tener el costo mínimo. Cabe resaltar, tal como se encuestó, el personal que trabaja utiliza taxi o transporte de carga en su mayoría, debido a la cantidad de insumos que se transporta.

Todo este tipo de información deberá también ser incluido en la base de datos para poder tener conocimiento de las necesidades de los trabajadores como beneficiarios.

06-29-2021	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 1	357	0.07	23.32	0
2	Source 1	Destination 5	345	0.06	20.01	0
3	Source 1	Destination 7	334	0.08	25.05	0
4	Source 1	Destination 8	313	0.07	20.97	0
5	Source 1	Destination 13	349	0.06	19.89	0
6	Source 1	Destination 20	381	0.05	19.81	0
7	Source 1	Destination 21	209	0.09	18.60	0
8	Source 1	Destination 22	397	0.06	23.03	0
9	Source 1	Destination 23	368	0.09	32.02	0
10	Source 1	Destination 26	395	0.06	24.10	0
11	Source 1	Destination 31	59	0.06	3.48	0
12	Source 1	Destination 34	367	0.05	19.82	0
13	Source 1	Destination 35	311	0.07	23.01	0
14	Source 1	Destination 36	302	0.07	21.14	0
15	Source 1	Destination 38	390	0.06	21.84	0
16	Source 1	Destination 42	289	0.05	15.89	0
17	Source 1	Destination 52	371	0.06	21.15	0
18	Source 2	Destination 16	366	0.06	20.86	0.00
19	Source 2	Destination 21	104	0.08	8.63	0
20	Source 2	Destination 30	374	0.06	22.81	3.72529E-09
21	Source 2	Destination 37	373	0.06	20.89	0
22	Source 2	Destination 39	302	0.08	22.95	0
23	Source 2	Destination 44	327	0.06	19.95	3.72529E-09
24	Source 3	Destination 10	368	0.07	25.02	0
25	Source 3	Destination 17	327	0.06	19.95	3.72529E-09
26	Source 3	Destination 18	346	0.07	23.87	0
27	Source 3	Destination 25	325	0.06	21.13	0
28	Source 3	Destination 29	303	0.09	26.06	0
29	Source 3	Destination 33	303	0.07	20.00	0
30	Source 3	Destination 40	83	0.07	5.81	0
31	Source 3	Destination 47	355	0.06	22.01	0
32	Source 3	Destination 48	359	0.06	21.90	3.72529E-09
33	Source 4	Destination 2	357	0.06	22.13	0
34	Source 4	Destination 3	352	0.06	22.88	0
35	Source 4	Destination 6	346	0.06	21.11	0
36	Source 4	Destination 11	375	0.06	22.88	0
37	Source 4	Destination 12	383	0.06	21.83	0
38	Source 4	Destination 15	330	0.06	20.13	0
39	Source 4	Destination 19	310	0.07	22.94	0
40	Source 4	Destination 27	377	0.06	21.11	0
41	Source 4	Destination 28	378	0.07	26.84	0
42	Source 4	Destination 31	333	0.06	19.65	0
43	Source 4	Destination 43	341	0.08	25.92	0
44	Source 4	Destination 45	399	0.06	23.94	0
45	Source 4	Destination 46	333	0.06	19.98	0
46	Source 5	Destination 4	327	0.07	23.87	0
47	Source 5	Destination 9	340	0.06	20.06	0
48	Source 5	Destination 14	319	0.07	21.05	0
49	Source 5	Destination 24	368	0.06	22.08	0
50	Source 5	Destination 32	304	0.07	20.98	0
51	Source 5	Destination 40	274	0.07	20.00	0
52	Source 5	Destination 41	331	0.06	20.85	0
53	Source 5	Destination 42	110	0.05	6.05	0
54	Source 5	Destination 49	300	0.07	20.10	0
55	Source 5	Destination 50	336	0.06	21.17	0
56	Source 5	Destination 51	336	0.06	21.17	0
57	Source 5	Destination 53	346	0.06	20.07	0
	Total	Objective	Function	Value =	1,184.35	

Figura 7 Minimización de costos para transportar los insumos en los centros de acopio.

Fuente: Elaboración propia

Se usará el t Student Pareado ya que es un procedimiento estadístico que se aplicará en grupos pareados (equivalentes). Esto debido a que se medirá a un mismo grupo en cierta condición, es decir, antes y después de la implementación de un modelo de cadena de suministros. Además, que la muestra trabajada es de 30, un valor que permite usar este estadístico. Prueba T de Student Pareada- Dimensión 1

1. En primer lugar, se calcula el promedio de la *dimensión 1*: Proceso de abastecimiento de bienes en Casos de Desastres Naturales tanto en la pre prueba como en la post prueba.
2. Se calcula las diferencias que existe entre la fase 1 (pre prueba) y fase 2 (post prueba).

Tabla 1 Diferencias medias de dimensiones del proceso de abastecimiento

D1A	D1D	Dif 1
2,50	3,50	1,00
3,13	3,88	0,75
2,75	3,63	0,88
3,25	3,63	0,38
2,75	3,88	1,13
3,50	3,88	0,38
2,88	3,25	0,38
3,00	3,38	0,38
3,25	3,63	0,38
2,88	3,38	0,50
2,50	2,75	0,25
4,50	4,38	0,00
2,63	3,13	0,50
4,13	4,13	0,00
4,25	4,25	0,00
3,63	3,63	0,00
2,38	3,00	0,63
3,13	3,13	0,00
2,75	3,25	0,50
3,38	3,38	0,00
2,75	3,50	0,75
3,00	3,88	0,88
4,25	4,38	0,13
2,88	3,38	0,50
2,25	2,75	0,50
3,00	3,13	0,13
3,75	3,63	0,00
3,25	4,00	0,75
2,75	2,88	0,13
3,88	3,88	0,00

Fuente. Elaboración propia

3. Luego, se calcula el promedio de las diferencias y la desviación estándar.

Promedio	0,39
Varianza muestral	0,12
desviación estándar	0,34

4. A continuación, se determina el error estándar con la siguiente fórmula:

$$EE = \frac{DE}{\sqrt{n}}$$

$$EE = \frac{0,34}{\sqrt{30}}$$

$$EE = 0,06$$

5. Ahora se calcula el TP y se decidirá si se acepta o rechaza la hipótesis nula si se sabe que se tiene un grado de libertad igual 29 (30-1).

$$TP = \frac{\text{Promedio de las diferencias}}{\text{Error estándar}}$$

$$TP = \frac{0,39}{0,06}$$

$$TP = 6,33$$

Si se usa la Tabla de valores T Pareados, se puede identificar lo siguiente:

$$P \leq 0,05, TP \leq 1,699$$

En base a los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba T Pareada se puede concluir que la implementación de un Modelo basado de Gestión de Cadena de Suministros influye en el proceso de abastecimiento de bienes en Casos de Desastres Naturales, ya que al hacer comparación de los promedios de la pre prueba y post prueba de la misma muestra, se encontró una diferencia estadísticamente significativa: $TP=6.33$ De esta manera, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Prueba T de Student Pareada- Dimensión 2:

1. En primer lugar, se calcula el promedio de la *dimensión 2*: Proceso distribución de bienes en Casos de Desastres Naturales.
2. Se calcula las diferencias que existe entre la fase 1 (pre prueba) y fase 2 (post

prueba).

Tabla 2 Diferencias medias de dimensiones del proceso de distribución

D1A	D1D	Dif 2
3,50	4,25	0,75
3,00	4,00	1,00
2,50	4,25	1,75
4,00	4,50	0,50
2,25	3,50	1,25
3,00	3,00	0,00
2,50	3,50	1,00
3,25	4,50	1,25
1,75	4,00	2,25
2,75	2,75	0,00
2,75	3,50	0,75
3,75	3,75	0,00
2,75	2,75	0,00
3,75	3,75	0,00
3,50	3,50	0,00
4,50	4,50	0,00
2,75	2,75	0,00
3,75	3,75	0,00
2,25	3,00	0,75
3,25	3,25	0,00
3,25	3,25	0,00
2,75	3,50	0,75
2,75	2,75	0,00
2,50	2,50	0,00
1,75	2,50	0,75
2,00	2,25	0,25
3,75	4,00	0,25
2,50	3,00	0,50
3,50	3,25	0,00
3,00	3,50	0,50

Fuente. Elaboración propia

3. Luego, se calcula el promedio de las diferencias y la desviación estándar.

Promedio	0,48
Varianza muestral	0,35
Desviación estándar	0,59

4. A continuación, se determina el error estándar con la siguiente fórmula:

$$EE = \frac{DE}{\sqrt{n}}$$

$$EE = \frac{0.59}{\sqrt{30}}$$

$$EE = 0.11$$

5. Ahora se calcula el TP y se decidirá si se acepta o rechaza la hipótesis nula si se sabe que se tiene un grado de libertad igual 29 (30-1).

$$TP = \frac{\text{Promedio de las diferencias}}{\text{Error estándar}}$$

$$TP = \frac{0.48}{0.11}$$

$$TP = 4.39$$

Si se usa la Tabla de valores T Pareados, se puede identificar lo siguiente:

$$P \leq 0.05, TP \leq 1.699$$

Se puede concluir que la implementación de un Modelo basado en la Gestión de Cadena de Suministros mejora el proceso de distribución de bienes en Casos de Desastres Naturales, ya que al hacer comparación de los promedios de la pre prueba y post prueba de la misma muestra, se encontró una diferencia estadísticamente significativa. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Área D

Gestión
Económica

Título del Trabajo	Código
Desarrollo de un Sistema de Costeo basado en actividades que contribuya a mejorar la eficiencia y rentabilidad del servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna	CO21-D01
Optimización del proceso de cría y alimentación del ganado vacuno aplicando simulación dinámica	CO21-D02
El impacto económico-financiero en las PyMEs que genera el financiamiento y asistencia del Estado en contexto de pandemia. Caso aplicado a una PyME de servicios en la ciudad de La Plata	CO21-D03
Los aspectos fiscales de la minería metálica en Santa Cruz	CO21-D04
Identificación de buenas prácticas para evitar retrasos y sobrecostos en proyectos llave en mano de Oil & Gas y Power	CO21-D06
Economía campesina traspatio: Una alternativa autoalimentaria local post COVID-19 en economías emergentes	CO21-D08

Desarrollo de un Sistema de Costeo basado en actividades que contribuya a mejorar la eficiencia y rentabilidad del servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna

*Tucci, Víctor; Rodríguez, Ma. Elvira; Scardanzan, Luciano; Grieco, Agustín

Facultad Regional Santa Fe - Universidad Tecnológica Nacional.

Lavaisse 610 (3000) – Santa Fe.

vtucci@frsf.utn.edu.ar; mrodriguez@frsf.utn.edu.ar; lscardanzan@frsf.utn.edu.ar;
agugrieco@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo describe el desarrollo de una herramienta sustentada en un sistema de costeo basado en actividades (ABC) para una empresa dedicada a la prestación del servicio de rectificación de motores de combustión interna, enfocándose específicamente en la rectificación de tapas de cilindro.

Se pretende demostrar la utilidad de los sistemas de costeo como herramienta para la toma de decisiones relacionadas a los costos en empresas dedicadas a la prestación de este tipo de servicios.

Para ello, en una empresa piloto localizada en la ciudad de Santo Tomé, provincia de Santa Fe, se realizó un análisis del proceso de rectificación de tapas de cilindro, identificando las actividades que se desarrollan y generan costos. Una vez definidas las actividades, se especificaron los recursos que cada una de ellas consume y se establecieron las ecuaciones genéricas para el cálculo de sus costos. Finalmente, se asignaron los costos a las tapas rectificadas en función del consumo que cada una hace de las actividades.

En función de los resultados se expresan las variaciones del costo del servicio para tapas de distintas características, como así también se identifican las actividades que mayores costos ocasionan en el proceso que le es propio a cada una.

Se espera contribuir para que las empresas del rubro tomen buenas decisiones en base a información confiable. La herramienta permitirá detectar oportunidades de mejora, facilitando mejorar la eficiencia y rentabilidad del servicio de rectificación.

Palabras Claves: Actividades, Costeo ABC, Rectificación, Tapa de cilindros.

ABSTRACT

The present work describes the development of an activity-based cost (ABC) system for a company dedicated to internal combustion engine remanufacturing, focusing on the cylinder cap rectification process.

The intent is to validate the utility of the ABC system as a tool for decision making related to cost management for any company part of the engine remanufacturing industry.

For this purpose, in a pilot company located in Santo Tomé, Santa

Fe, an analysis of the service of rectification given is done to identify the activities that are done and their costs. Once the activities have been established, the resources consumed by each activity are specified and generic equations for the cost calculation are set. Finally, the costs of the cylinder cap rectification are assigned in accordance with its activity consumption.

Based on the results, the service cost variation for cylinder caps of different characteristics can be denoted, and the activities that imply more cost are identified.

This system is expected to contribute to the decision-making based on reliable information in the engine remanufacturing industry. The tool will allow to detect opportunities for improvement, facilitating efficiency and profitability.

Keywords: Activities, ABC Costs, Rectification, Cylinder Cap.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo presentar los resultados de la aplicación de un sistema de costeo basado en actividades, como herramienta para la toma de decisiones relacionadas a los costos en empresas dedicadas a la prestación del servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna.

En la actualidad, las empresas rectificadoras de motores disponen solo de una lista orientadora de costos de Mano de Obra, la cual es realizada por la Federación Argentina de Cámaras de Rectificadores de Automotores (FACRA), quien representa a más de 500 rectificadoras en el país. Dicha lista es actualizada regularmente, teniendo en cuenta la inflación del período y los aumentos en los costos de mano de obra regidos por la Unión Obrera Metalúrgica (UOM) o por el Sindicato de Mecánicos y Afines del Transporte Automotor (SMATA). Sin embargo, esta actualización se realiza afectando un único índice, con prescindencia del tamaño y configuración de los motores.

El proceso de rectificado de un motor consiste en corregir un conjunto de piezas que se encuentran desgastadas y deformadas debido al rozamiento que se produce entre ellas y al calor que tienen que soportar; para obtener como resultado piezas con iguales prestaciones a las originales. Llevar a cabo este proceso implica un conjunto de actividades tales como inspección, desarmado y clasificación del motor; limpieza, rectificación, inspección y ensamblado de piezas e inspección final del motor, según Barbosa [1]. Lo que se realiza en cada una de estas actividades depende del tipo de motor, la pieza a trabajar, tipos y características de los materiales, formas, dimensiones, tolerancias y terminaciones superficiales. Como resultado, determinar los costos del proceso de rectificado se vuelve una tarea compleja, donde la gestión de los costos se transforma en una actividad clave.

En Argentina, según datos de la Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFSA), la producción de autos y comercialización de usados en el año 2020 se vio afectada negativamente frente a un contexto de emergencia sanitaria mundial. En comparación con el año 2018, la producción disminuyó en un 62%. Sin embargo, se evidencia una mejora en la actividad a partir del primer semestre del año 2021, y se puede predecir una perspectiva favorable en lo que resta del año. Con respecto a la comercialización de autos usados, según la Cámara del Comercio Automotor (CCA) el primer semestre del año 2021 presenta un aumento del 29% en comparativa con el año 2020. Esta información evidencia un panorama positivo para aquellas empresas rectificadoras del país debido a que se prevé un incremento progresivo en el nivel de trabajo.

Previos trabajos realizados en la organización han abordado el análisis de las actividades de rectificación y sus costos, evidenciando que existe una alta proporción de costos fijos que dificultan la asignación de esos costos a cada trabajo de rectificación en particular [2-4].

Una herramienta que resulta de gran utilidad entonces para la toma de decisiones relacionadas a los costos en empresas dedicadas a la prestación del servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna es un sistema de costeo ABC. La aplicación del mismo se vuelve crucial para permitir que estas empresas sean eficientes en sus procesos y disminuyan los costos, permitiendo así definir presupuestos que sean aceptados por los clientes, fomentando la conservación de ellos.

Autores diversos han realizado acercamientos a la temática del costo de procesos de rectificación de motores. Valenzuela [5], realiza un estudio técnico de las tareas para determinar los costos reales de rectificación de un motor con foco en los componentes: block, cigüeñal y tapas de cilindro, aplicando un costeo completo por absorción. Cena [6], desarrolla un sistema de información para una empresa rectificadora de motores de la ciudad de Córdoba, Argentina; con base en el análisis de todos los costos asociados a una de las máquinas principales, obteniendo comparaciones sobre el aporte que tienen los diferentes tipos de costo en el valor total de costo por hora-máquina.

Este trabajo pretende realizar aportes al análisis de la actividad de rectificación de motores desde el estudio de todas las actividades que se llevan adelante y los recursos que las mismas traccionan. En las siguientes páginas se detalla la metodología de trabajo utilizada, su aplicación concreta en la empresa que es caso de estudio, el desarrollo de un sistema para la toma de decisiones y las conclusiones obtenidas, con énfasis en la obtención de una herramienta que permite determinar los costos de manera más ágil frente a la gran heterogeneidad de configuraciones de motores existentes.

2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA

El costo es el valor de los recursos considerados de sacrificio necesarios en una operación de producción para el logro de un determinado objetivo [7]. La elección de un modelo de costos debe reflejar cuáles (aspecto cualitativo) y cuántos (aspecto cuantitativo) son los factores de sacrificio necesarios para obtener los objetivos productivos. Constituye un conjunto de relaciones básicas que orienta los procedimientos utilizados para la determinación y gestión de los costos [8]. El objetivo que persigue todo modelo de costos es, a partir del cálculo de estos, determinar los costos de productos o procesos, posibilitar la detección e implementación de propuestas de mejoras en los

procesos productivos y proveer información para el planeamiento y control de las actividades de la organización en cuestión.

La metodología de cálculos de costos elegida para este trabajo se basa en el modelo de costeo completo basado en actividades normalizado. Se propone poner énfasis en las actividades para el cálculo de costos considerando datos estándares.

El análisis ABC es una herramienta que facilita resolver la problemática de asignación de costos indirectos, aspecto fundamental en el servicio brindado por las empresas rectificadoras, debido a que éstas prestan un servicio complejo, de gran diversidad de actividades que consumen precisamente una gran proporción de este tipo de costos.

Para este estudio se tomó una empresa testigo de la ciudad de Santo Tome, provincia de Santa Fe para confeccionar el sistema de costeo. El sistema de costeo ABC se desarrolló en dos etapas y cada una de ellas contempló diferentes tareas, descritas en el presente trabajo.

Etapa I. Análisis de la situación actual.

- I - 1. Descripción del proceso de prestación del servicio de rectificación de tapas de cilindro.
- I - 2. Determinación de las actividades necesarias para la prestación del servicio.
- I - 3. Identificación de los recursos utilizados en el proceso.

Etapa II. Desarrollo del sistema de costeo.

- II - 1. Costeo de los recursos fijos y variables mensuales por actividad.
- II - 2. Determinación del inductor de cada actividad.
- II - 3. Cálculo del valor global del inductor elegido.
- II - 4. Cálculo del costo unitario de cada actividad por unidad de inductor
- II - 5. Determinación del costo de cada actividad aplicada al producto
- II - 6. Determinación del costo unitario de cada producto

3. ETAPA I: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Descripción de la prestación del servicio de rectificación de tapas de cilindro.

A continuación, se describe el proceso de rectificación de tapas de cilindro para la empresa tomada como caso testigo.

Al ingresar una tapa de cilindros, se hace una revisión general y se elabora un presupuesto preliminar, si este es aceptado por el cliente, se determina la forma de recepción del motor y luego se comienza con el proceso de rectificado.

Dentro de este proceso, las actividades que podemos identificar son, primeramente, el desarmado y lavado del motor y partes. Luego, la tapa de cilindros se prueba hidráulicamente y dependiendo el tipo de material de la misma y sus características específicas se realizan una serie de actividades como ajuste, bruñido o entubado de guías de válvulas según corresponda. A continuación, se rectifican los asientos de válvulas y en ciertos casos se encasquillan. Si la tapa de cilindros cuenta con árbol de levas, éste se mide y en algunos casos se alesa. Siguiendo con el proceso, se cepilla y enjuaga la tapa de cilindros y para finalizar se realiza un control de penetración de válvulas y se procede con el armado y empaquetado de la misma.

Posteriormente, se envía el presupuesto final al cliente y se coordina la entrega del motor.

El flujo de actividades del proceso de rectificación de tapas de cilindro se aprecia en la Figura 41.

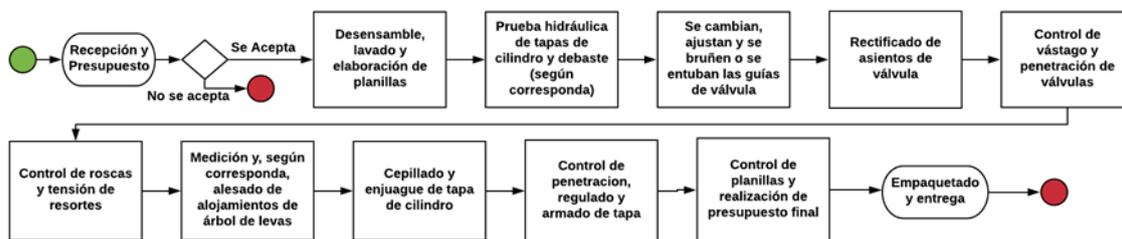


Figura 41 Proceso general de rectificación de tapas de cilindros

3.2. Determinación de las actividades necesarias para la prestación del servicio.

El total de actividades relevadas para la prestación del servicio de rectificación de tapas de cilindro es de 47, las cuales no se realizan para todas las tapas, sino que depende del tipo de tapa (motor), según el material (aluminio o fundición), si posee o no guía de válvulas, con o sin árbol de levas en la tapa, entre otros aspectos. Se registraron las siguientes actividades por sector:

Oficina Técnica:

- Elaborar presupuesto preliminar
- Elaborar planillas internas y de datos técnicos
- Presupuestar y avisar al cliente
- Controlar planillas

Administración:

- Encargar repuestos
- Avisar y coordinar la entrega
- Modificar y facturar el presupuesto definido y cobrar la factura
- Supervisar actividades de producción
- Mantenimiento de las máquinas
- Mantenimiento eléctrico
- Limpieza de planta

Lavadero:

- Buscar partes/llevar partes
- Recibir partes/entregar partes
- Desarmar
- Lavar en batea con químicos
- Lavar en máquina lavadora
- Enjuagar con hidrolavadora
- Enarenar, cepillar y rotular
- Distribuir manualmente las partes
- Distribuir con grúas las partes

Producción, primera etapa:

- Probar hidráulicamente tapa de cilindros
- Ajustar guías de válvulas
- Cambiar guías de válvula chicas
- Cambiar guías de válvula grandes
- Entubar guías de válvula
- Bruñir guías de válvula
- Desbastar y rellenar tapa
- Encasquillar asientos de válvula
- Rectificar válvula
- Rectificar asientos de válvula
- Controlar altura de vástago y penetración de válvula
- Rectificar vástago de válvula

Producción, segunda etapa:

- Controlar roscas y espárragos
- Controlar tensión resorte de válvula
- Corregir roscas
- Medir alojamiento de árbol de levas y botadores
- Extraer y colocar bujes de levas
- Alesar alojamiento de árbol de levas
- Cepillar tapa de cilindros
- Dar altura de precámaras
- Controlar penetración de válvula
- Armar tapa de cilindros
- Regular tapa con botador fijo
- Regular tapa con botador hidráulico
- Regular tapa con pastillas
- Regular tapa con registro de balancines
- Empaquetar tapa de cilindros

3.3. Identificación de los recursos utilizados en el proceso.

Seguidamente, se detectaron los recursos e insumos necesarios para el desarrollo de cada una de las actividades identificadas. Los mismos se agruparon por similitud en la forma de cálculo de los costos, y de esta manera se determinaron grupos de recursos. Se consideraron todos los factores sacrificados, tanto operativos como de estructura. En el apartado siguiente se exponen las ecuaciones genéricas para el cálculo de los costos de cada grupo de recurso definido.

Posteriormente, dichos recursos se asignan a las actividades mencionadas previamente, conformando el costo por actividad. Luego, considerando las actividades realizadas en la rectificación de una tapa de cilindro en particular, se puede calcular su costo haciendo la sumatoria de los costos de las actividades consumidas por ésta.

4. ETAPA II: DESARROLLO DEL SISTEMA DE COSTEO**4.1. Costeo de los recursos fijos y variables mensuales por actividad**

4.1.1. Costos fijos por actividad mensual

Son aquellos que no varían dependiendo del nivel de actividad que tenga la planta, es decir que su cuantía permanece constante en el período que se considere. Se compone por el costo de amortizaciones de las maquinarias (C_{AM_a}) e inmueble (C_{AI_a}), por la parte fija de los servicios contratados (C_{PFS_a}) y por el costo que representan los salarios de los empleados (C_{MO_a}). Su cálculo se presenta en la ecuación (1)

$$CF_a = C_{AM_a} + C_{AI_a} + C_{PFS_a} + C_{MO_a} \quad \forall a \quad (1)$$

C_{AM_a} : Las máquinas (m) pierden su valor o van desgastándose debido al mero paso del tiempo, por esta razón se amortizan según un período de tiempo determinado "x", en meses. Para esto se definen el parámetro $P_m = \frac{1}{x \text{ meses}}$, período de amortización para cada máquina (m).

Además, " C_m " identifica los costos de adquisición de cada una de las máquinas (m) y k_{am} el porcentaje de utilización de la máquina m para la actividad a .

$$C_{AM_a} = \sum_m C_m * P_m * k_{am} \quad \forall a \quad (2)$$

C_{AI_a} : El inmueble, al igual que máquinas pierden su valor o van desgastándose debido al mero paso del tiempo, por esta razón se amortiza según un período de tiempo determinado "x", en meses. Para esto se definen el parámetro $P_I = \frac{1}{x \text{ meses}}$, período de amortización del inmueble.

Además, " I " identifica el costo de adquisición del inmueble y " k_a " el porcentaje de ocupación de acuerdo a la superficie ocupada por la actividad "a".

$$C_{AI_a} = I * P_I * k_a \quad \forall a \quad (3)$$

C_{PFS_a} : Servicios parte fija. Consiste en un monto fijo que debe abonarse mensualmente por el simple hecho de adquirir el servicio, sin considerar el consumo. Los costos fijos de servicios (CSF_a), son multiplicados por un factor " k_{as} " correspondiente a la distribución de utilización de cada servicio "s" a cada actividad "a".

$$C_{PFS_a} = \sum_s CSF_s * k_{as} \quad \forall a \quad (4)$$

C_{MO_a} : El costo de los salarios se integra por la sumatoria del salario (incluidas cargas patronales) (S_e) de cada empleado (e), multiplicado por el porcentaje de asignación a cada actividad (K_{ae}).

$$C_{MO_a} = \sum_e S_e * k_{ae} \quad \forall a \quad (5)$$

4.1.2. Costos variables por actividad mensual

Representan los costos que varían según el nivel de actividad de la producción. Involucran costos de procesamiento tales como la parte de los servicios que dependen del consumo (C_{PVS_a}) e insumos (C_{I_a}).

$$CV_a = C_{PVS_a} + C_{I_a} \quad \forall a \quad (6)$$

C_{PVS_a} : Servicios parte variable. Es lo que se abona debido al consumo de cada unidad de servicio (s_a). Dependiendo del mismo existe un costo variable del servicio (CSV_s), que multiplicado por lo consumido del servicio para cada actividad (W_{as}), resulta el costo:

$$C_{PVS_a} = \sum_s CSV_s * W_{as} \quad \forall a \quad (7)$$

C_{I_a} : Costo de insumos. Representa lo sacrificado en conceptos de los insumos ingresados en las etapas de los procesos. Compuesto por el costo del insumo utilizado (C_{ins}), multiplicado por el consumo del mismo para cada actividad (Q_{ains})

$$C_{I_a} = \sum_{ins} C_{ins} * Q_{ains} \quad \forall a \quad (8)$$

4.1.3. Costo mensual por actividad

El costo mensual de cada actividad se obtiene sumando los costos fijos y variables de la misma, como se muestra en la ecuación (9).

$$C_a = CV_a + CF_a \quad \forall a \quad (9)$$

4.2. Determinación del inductor de cada actividad

Se evalúa cuál es la unidad de medida que mejor identifica la causa del costo de la actividad, y en base a esto se define la elección del inductor para la misma. Para más información sobre la metodología que se utilizó para la selección de los inductores se puede consultar la publicación previa a este trabajo [9], desarrollada para esta misma empresa testigo. A modo de ejemplo en la Tabla 27 se pueden observar los inductores definidos para distintas actividades del proceso.

Tabla 27 Inductores por Actividad

Actividad	Inductor
Cambiar guías de válvula chicas	Número de guías tapas chicas a cambiar
Cambiar guías de válvula grandes	Número de guías tapas grandes a cambiar
Arenar, cepillar y rotular	Cantidad de tapas
Rectificar válvula	Cantidad de valvulas
Desbastar y rellenar tapa	Cantidad de tapas de alumino

4.3. Cálculo del valor global del inductor elegido

El valor global del inductor elegido para una actividad en particular representa el nivel total de la misma que se desarrolla para el período considerado. En la Tabla 28 se puede apreciar el valor global mensual (N_a) de los inductores seleccionados para las actividades del ejemplo del apartado anterior, relevados en la empresa testigo.

Tabla 28 Valor global de los Inductores para cada Actividad

Actividad	Inductor	Total mensual
Cambiar guías de válvula chicas	Número de guías tapas chicas a cambiar	165 Guías
Cambiar guías de válvula grandes	Número de guías tapas grandes a cambiar	64 Guías
Arenar, cepillar y rotular	Cantidad de tapas	42 Tapas
Rectificar válvula	Cantidad de valvulas	452 Válvulas
Desbastar y rellenar tapa	Cantidad de tapas de alumino	29 Tapas

4.4. Cálculo del costo unitario de cada actividad por unidad de inductor

Se incluyen la totalidad de los costos, tanto operativos como de estructura, necesarios para llevar a cabo la actividad considerada. El costo unitario de cada actividad por unidad de inductor se determina por el cociente entre la ecuación (9) y el nivel mensual del inductor relevado para la actividad (N_a), y se calcula según la ecuación (10).

$$cu_a = \frac{C_a}{N_a} \quad \forall a \quad (10)$$

Continuando con el ejemplo, en la Tabla 29 se muestra el costo unitario que surge de aplicar la ecuación (10).

Tabla 29 Costo de la Actividad por unidad de Inductor

Actividad	Inductor	Total mensual inductor	Costo actividad por unidad de inductor
Cambiar guías de válvula chicas	Número de guías tapas chicas a cambiar	165 Guías	\$17,54
Cambiar guías de válvula grandes	Número de guías tapas grandes a cambiar	64 Guías	\$36,39
Arenar, cepillar y rotular	Cantidad de tapas	42 Tapas	\$448,10
Rectificar válvula	Cantidad de valvulas	452 Válvulas	\$18,84
Desbastar y rellenar tapa	Cantidad de tapas de alumino	29 Tapas	\$406,14

4.5. Determinación del costo de cada actividad aplicada al producto

El costo de cada actividad aplicada al producto (cu_{ab}) se obtiene multiplicando el costo unitario de la actividad por unidad de inductor que resulta de la ecuación (10), por el consumo de inductor (n_{ab}) que le corresponde al producto (tapa de cilindro) considerado obtenido del relevamiento en la empresa testigo. Se calcula según lo expresa la ecuación (11).

$$cu_{ab} = cu_a \times n_{ab} \tag{11}$$

Se seleccionan a modo de ejemplo cinco motores que se corresponden con cinco tapas de distintas características (a cada motor siempre le corresponde una determinada tapa), las cuales se muestran en la Tabla 30 junto con el costo de las actividades seleccionadas. Se hace notar, que el presente ejemplo es el que se seguirá utilizando de aquí en más y en el apartado siguiente para expresar y analizar los resultados.

Tabla 30 Costo de las actividades para cada una de las tapas seleccionadas

Actividades/tapas	Cummins 6 BT	Deutz 913 - 6 Cil	Chevrolet classic 1.4	Perkins 4-203	Peugeot TU5JP4
Cambiar guías de válvula chicas	\$0,00	\$0,00	\$140.36	\$140.36	\$280.71
Cambiar guías de válvula grandes	\$0,00	\$436.66	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Arenar, cepillar y rotular	\$448,10	\$448.10	\$448.10	\$448.10	\$448.10
Rectificar válvula	\$226.08	\$226.08	\$150.72	\$150.72	\$301.44
Desbastar y rellenar tapa	\$0,00	\$406.14	\$406.14	\$0,00	\$406.14

4.6. Determinación del costo unitario de cada producto

El costo unitario de cada producto (Cu_b), se obtiene como la sumatoria del costo de todas las actividades necesarias (cu_{ab}) calculadas con la ecuación (11) para prestar el servicio a cada producto (b), tapa de cilindro, que arroja como resultado la aplicación del sistema de costeo desarrollado. Se calcula como lo expresa la ecuación (12).

$$Cu_b = \sum_a cu_{ab} \quad \forall b \tag{12}$$

Continuando con el ejemplo, en la Tabla 31 se muestra el costo total unitario correspondiente al servicio de rectificación de cada tapa calculado con la ecuación (12), en la cual también se refleja las principales características de cada una.

Tabla 31 Costo y características de las tapas seleccionadas

Características	Cummins 6 BT	Deutz 913 - 6 Cil	Chevrolet classic 1.4	Perkins 4-203	Peugeot TU5JP4
Material de Tapa	Fundición	Aluminio	Aluminio	Fundición	Aluminio
Cantidad de Valvulas	12	12	8	8	16
Cantidad de Cilindros	6	6	4	4	4
¿Tiene arbol?	NO	NO	NO	NO	SI
¿Tiene guías?	Sin Guía	Con Guía	Con Guía	Con Guía	Con Guía
Tamaño Tapa	Grande	Grande	Chica	Chica	Chica
Total Costeado	\$9,750.40	\$ 9.974,00	\$ 8,995.26	\$ 8,589.11	\$ 10,620.08

Se hace constar, que para este trabajo no se considera el agregado del costo de repuestos en caso de que fuese necesario (se adquieren a terceros) que el Sistema permite adicionar para cada producto. Se presenta de esta manera con el objeto de no distorsionar el costo de ejecución de las actividades propiamente dichas para la obtención del producto, con el costo de los repuestos que es independiente de cómo se realizan las mismas, permitiendo de esta manera mejores análisis para detectar posibles proyectos de mejora, propósito de este trabajo.

En la Figura 42 se muestra una captura de la pantalla de inicio que presenta el sistema de costos desarrollado en planilla electrónica para la empresa testigo.



Figura 42 Pantalla de Inicio del Sistema de Costeo

En la Figura 43 se muestra la captura de la pantalla de consulta de costos del Sistema, dónde se ingresan los datos del motor al que pertenece la tapa a costear y sus características particulares. En esta misma pantalla también se obtiene el costo total de rectificación de la tapa de cilindros ingresada.

Consulta de Costo 

Fecha	9/2/2021		
Motor	PEUGEOT TUSJP4		
¿Se alesen los alojamientos?	No	¿Tiene buje?	No
¿Se busca la tapa?	Si		
Tipo de lavado	Batea		
¿Numero de repuestos?	0		
¿Se prueba hidraulicamente?	Si		
¿Cuantas roscas se corrigen?	0		
¿Tiene precamara?	No		
¿Se arma?	Si		
¿Se regula? ¿Con que tipo?	No		
¿Se encasquilla?	No		
¿Se cambian las guias?	Si		
Total Costeado	\$ 10.620,08		

¿Es de aluminio o de fundicion?	Aluminio
Cantidad de Valvulas	16
Cantidad de Cilindros	4
¿Tiene arbol?	Si
¿Tiene guias?	CON Guia
Tamaño Tapa	Chica

 Revisar

 Registrar Consulta

 Limpiar

 Motor Desconocido

 Motor Conocido

Figura 43 Pantalla consulta de costos del Sistema de Costeo

5. RESULTADOS

Para evidenciar la importancia de la información que brinda la herramienta, y continuando con el ejemplo planteado en el apartado anterior, se muestra cómo se conforma el costo de cada una de las cinco tapas de cilindro y se analizan los resultados obtenidos. Cabe acotar, que el sistema de costeo desarrollado permite en la actualidad el cálculo del costo de 211 tipos de tapas de cilindros diferentes, con la versatilidad de poder ingresar manualmente los datos de tapas de motores no contemplados hoy para su cálculo.

5.1. Costo de rectificación de tapas de cilindro

En la Tabla 32 se muestra el costo de la prestación del servicio de rectificado desagregado por actividades, para las cinco tapas de cilindro seleccionadas para el ejemplo.

Tabla 32 Costo desagregado por actividades de las tapas seleccionadas

Actividades	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Motor 5
	Cummins 6 BT	Deutz 913 - 6 Cil	Chevrolet classic 1.4	Perkins 4-203	Peugeot TUSJP4
1 Desarmar	\$401.92	\$401.92	\$401.92	\$401.92	\$401.92
2 Modificar y facturar presupuesto. Cobrar la factura	\$401.08	\$401.08	\$401.08	\$401.08	\$401.08
3 Arenar, cepillar y rotular	\$448.10	\$448.10	\$448.10	\$448.10	\$448.10
4 Controlar planillas	\$332.90	\$332.90	\$332.90	\$332.90	\$332.90
5 Cepillar tapa de cilindros	\$441.27	\$441.27	\$441.27	\$441.27	\$441.27
6 Elaborar el presupuesto preliminar	\$305.84	\$305.84	\$305.84	\$305.84	\$305.84
7 Presupuestar y avisar al cliente	\$268.47	\$268.47	\$268.47	\$268.47	\$268.47
8 Empaquetar tapa de cilindros	\$275.16	\$275.16	\$275.16	\$275.16	\$275.16
9 Controlar roscas y espárragos	\$199.81	\$199.81	\$199.81	\$199.81	\$199.81
10 Recibir partes/entregar partes	\$212.29	\$212.29	\$212.29	\$212.29	\$212.29
11 Desbastar y rellenar tapa	\$0.00	\$406.14	\$406.14	\$0.00	\$406.14
12 Avisar y coordinar la entrega	\$176.64	\$176.64	\$176.64	\$176.64	\$176.64
13 Medir alojamiento de árbol de levas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$182.42
14 Mantenimiento de las máquinas	\$136.11	\$136.11	\$136.11	\$136.11	\$136.11
15 Enjuagar con hidrolavadora	\$242.82	\$242.82	\$242.82	\$242.82	\$242.82
16 Supervisión de actividades de producción	\$85.07	\$85.07	\$85.07	\$85.07	\$85.07
17 Distribuir manualmente las partes	\$0.00	\$0.00	\$67.89	\$67.89	\$67.89
18 Elaborar planillas internas y de datos técnicos	\$77.70	\$77.70	\$77.70	\$77.70	\$77.70
19 Limpieza de planta	\$67.47	\$67.47	\$67.47	\$67.47	\$67.47
20 Mantenimiento eléctrico	\$45.37	\$45.37	\$45.37	\$45.37	\$45.37
21 Buscar partes/llevar partes	\$1,574.98	\$1,574.98	\$1,574.98	\$1,574.98	\$1,574.98
22 Lavar en batea con químicos	\$280.91	\$280.91	\$280.91	\$280.91	\$280.91
23 Lavar en máquina lavadora	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
24 Encargar repuestos	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
25 Distribuir con grúas las partes	\$99.31	\$99.31	\$0.00	\$0.00	\$0.00
26 Probar hidráulicamente tapa de cilindros	\$988.56	\$988.56	\$988.56	\$988.56	\$988.56
27 Ajustar guías de válvulas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
28 Cambiar guías de válvula chicas	\$0.00	\$0.00	\$140.36	\$140.36	\$280.71
29 Cambiar guías de válvula grandes	\$0.00	\$436.66	\$0.00	\$0.00	\$0.00
30 Entubar guías de válvula	\$1,324.54	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
31 Bruñir guías de válvula	\$0.00	\$705.34	\$470.23	\$470.23	\$940.45
32 Encasquillar asientos de válvula	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
33 Rectificar válvula	\$226.08	\$226.08	\$150.72	\$150.72	\$301.44
34 Rectificar asientos de tapa válvula	\$806.43	\$806.43	\$537.62	\$537.62	\$1,075.25
35 Controlar altura de vástago y penetración de válvula	\$52.86	\$52.86	\$35.24	\$35.24	\$70.48
36 Controlar penetración de válvula	\$54.54	\$54.54	\$36.36	\$36.36	\$72.72
37 Rectificar vástago de válvula	\$66.07	\$66.07	\$44.05	\$44.05	\$88.10
38 Tensión de resorte de válvulas	\$41.75	\$41.75	\$27.83	\$27.83	\$55.67
39 Corregir roscas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
40 Extraer y colocar bujes de levas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
41 Alesar alojamiento de levas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
42 Dar altura de precamaras	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
43 Armar tapa	\$116.35	\$116.35	\$116.35	\$116.35	\$116.35
44 Regular tapa con botador fijo	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
45 Regular tapa con botador hidráulico	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
46 Regular tapa con pastillas	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
47 Regular tapa con registro de balancines	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Total Costeado	\$9,750.40	\$9,974.00	\$8,995.26	\$8,589.11	\$10,620.08

5.2. Análisis de los costos obtenidos

5.2.1. Comparación del costo del servicio

Como se puede apreciar en la Tabla 6 precedente, el costo del servicio de rectificación de las tapas de cilindros para los cinco motores tomados como ejemplo son diferentes, y varía entre los \$ 8.859,11 para el Motor 4 “Perkins 4-203” hasta los \$ 10.620,08 para el Motor 5 “Peugeot TUSJP4” (un 23,6 % mayor para este último).

De las 47 actividades relevadas, los cinco motores del ejemplo consumen sólo una parte de ellas, el Motor 1 “Cummins 6 BT”: 29 actividades, el Motor 2 “Deutz 913 – 6cil”: 31 actividades, el Motor 3 “Chevrolet Classic 1.4”: 31 actividades, el Motor 4 “Perkins 4-203”: 30 actividades y el Motor 5 “Peugeot TUSJP4”: 32 actividades. Como se puede observar de la Tabla 6, no existe una relación directa entre cantidad de actividades y precio del servicio. Esto se explica por la diferencia entre las actividades necesarias para el proceso de cada tapa, por ejemplo, la actividad 11 “desbastar y rellenar tapa” solo es utilizada para los motores 2, 3 y 5. Como así también por el consumo (representado por el costo en la Tabla 6) que cada tapa realiza de una misma actividad, por ejemplo, la actividad 34 “rectificar asientos de válvulas” tiene un costo de \$ 806,43 para los motores 1 y 2, de \$ 537,62 para los motores 3 y 4 y de \$ 1.075,25 para el motor 5.

5.2.2. Composición de costos por actividades

Para continuar con el análisis, se examina la participación porcentual de las principales actividades en el costo de rectificación de las tapas para los cinco motores del ejemplo, lo cual se refleja en gráficos de tortas (para facilitar la visualización se engloba en “otros” las actividades con pequeño porcentaje de aporte al costo total). En la Figura 44 las del Motor 1, en la Figura 45 las del Motor 2, en la Figura 46 las del Motor 3, en la Figura 47 las del Motor 4 y en la Figura 48 las del Motor 5.

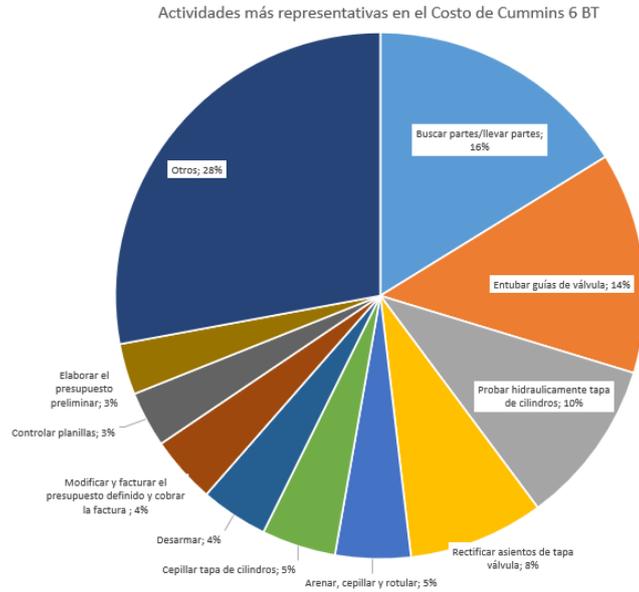


Figura 44 Proporción costo actividades Motor 1

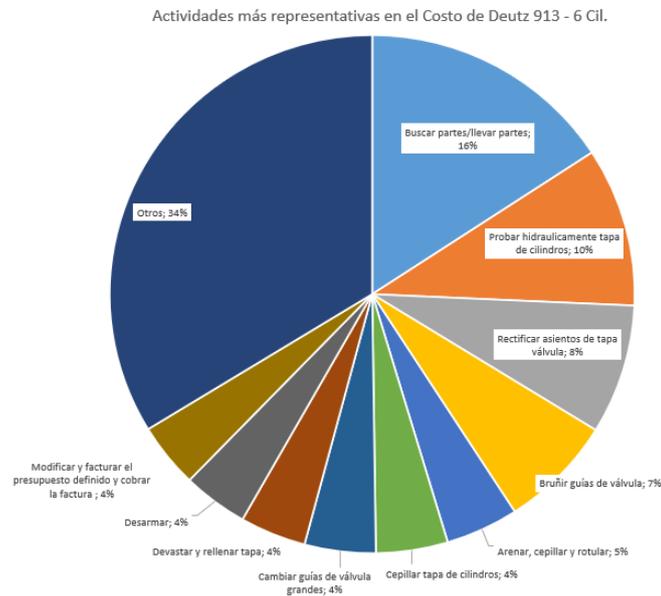


Figura 45 Proporción costo actividades Motor 2

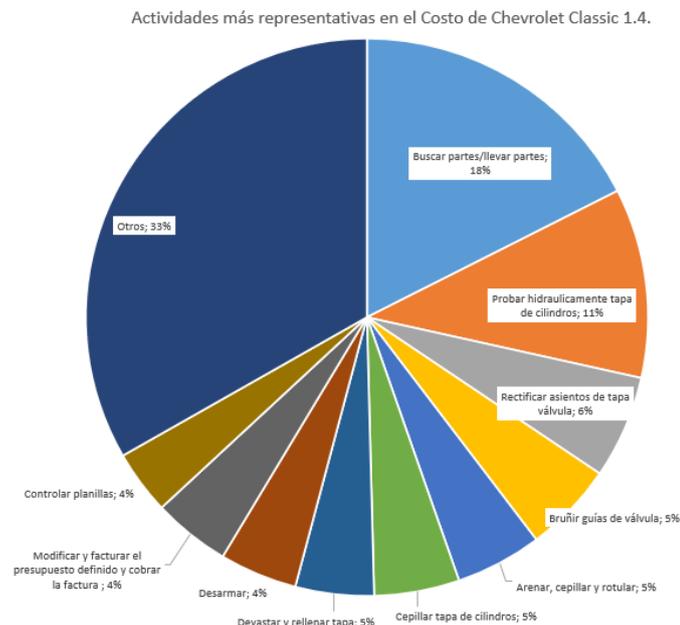


Figura 46 Proporción costo actividades Motor 3

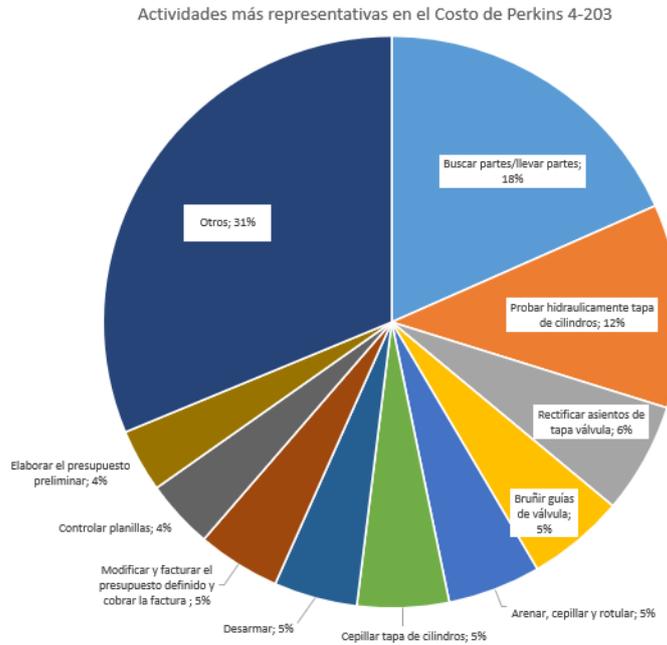


Figura 47 Proporción costo actividades Motor 4

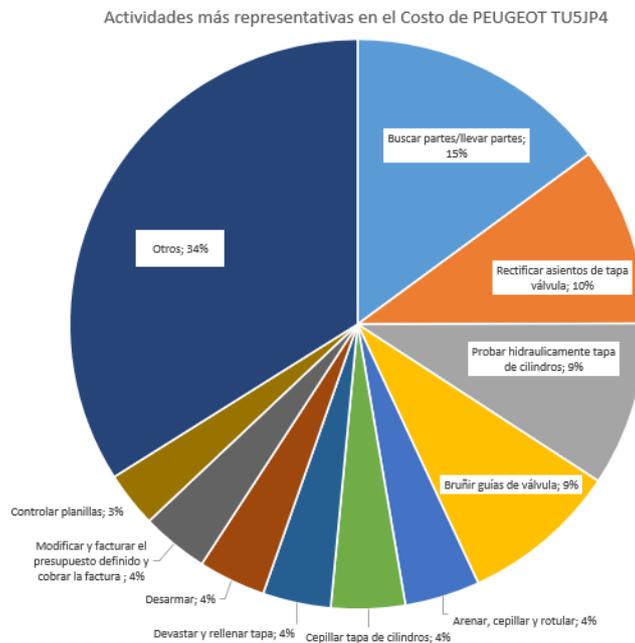


Figura 48 Proporción costo actividades Motor 5

5.2.3. Actividades más costosas

Analizando las cinco figuras del apartado anterior se puede observar que, para los cinco motores del ejemplo, seis actividades representan en promedio el 53 % del total del costo de rectificación para cada tapa. Estas actividades son:

- Actividad 21 “buscar partes / llevar partes”
- Actividad 26 “probar hidráulicamente tapa de cilindro”
- Actividad 34 “rectificar asiento tapa de válvulas”
- Actividad 31 “bruñir guía de válvulas”
- Actividad 3 “arenar, cepillar y rotular”
- Actividad 5 “cepillar tapa de cilindros”

La información que brinda este análisis sugiere que la empresa en primera instancia, podría direccionar sus esfuerzos hacia proyectos de mejora que persigan mejorar la eficiencia de estas actividades en particular, con el objeto de obtener reducciones de costos significativos, frente a otras opciones que podrían resultar de menor relevancia.

Por otro lado, siguiendo con el análisis se puede observar que una actividad como la número 21 “buscar partes / llevar partes”, que es de transporte y no agrega valor al producto, se lleva en promedio el 17 % del costo total del proceso. Otro fuerte indicador que brinda la herramienta para focalizar esfuerzos de reducción de costos.

6. CONCLUSIONES

El sistema de costeo ABC desarrollado permite conocer el costo de la rectificación de cada tapa de cilindro (en principio de las 211 registradas, con la posibilidad de realizar nuevas incorporaciones) asegurando que el precio que se cobra por el servicio no resulte inferior al costo, al menos involuntariamente. También permite calcular el costo de las diferentes actividades que se deben realizar, información que resulta útil para detectar cuáles son las actividades más costosas y que por lo tanto deberían ser analizadas con mayor profundidad, a los fines de proponer mejoras que permitan reducir sus costos. Como punto de partida se podría arrancar el estudio para alguna de las seis actividades detectadas como más costosas en los resultados del apartado anterior. Así también determinar el costo/beneficio de invertir en reducción del consumo de actividades que no generen valor al producto.

Se destaca la mayor agilidad con la que se podrán ejecutar actividades de gestión que se nutran del Sistema de Costeo, las cuales requieren hoy en promedio de un alto componente manual, principal recurso de éstas. Si consideramos, por ejemplo: la actividad 6 “elaborar presupuesto preliminar”, la actividad 18 “elaborar planillas internas y de datos técnicos”, la actividad 7 “presupuestar y avisar al cliente”, la actividad 4 “controlar planillas” y la actividad 2 “modificar y facturar el presupuesto definido y cobrar la factura”. Estas actividades suman un costo promedio de \$ 1.380, similar por cada tapa de cilindro. Si se considera un escenario de reducción de costos del 25% por la aplicación del Sistema, éste se traduciría en aproximadamente \$345 por tapa, que para una producción mensual promedio de 60 unidades llevaría el ahorro a \$20.700.

No se puede dejar de mencionar los siempre muy útiles análisis de sensibilidad que muestran como impacta en los costos cambios en las distintas variables que los conforman, de fácil ejecución a través del Sistema.

Por otra parte, al aportar la herramienta el detalle de costos de las actividades de todo el proceso, la convierte en una inestimable fuente de información para el desarrollo de indicadores que aporten al control de gestión de éste.

A partir del análisis desarrollado en el presente trabajo, se han obtenido ecuaciones genéricas para el cálculo de los costos del proceso de rectificación de tapas de cilindros de motores de combustión interna. Al ser genéricas, las mismas pueden ser aplicadas en cualquier empresa del ramo, para lo cual es necesario llevar a cabo un previo análisis del proceso del servicio de rectificación.

7. REFERENCIAS

- [1] Barboza, H. D. Sistema de gestión de bases de datos para determinar los costos y el grado de reparación requerido en la rectificación de los motores de combustión interna. Caracas. (2009).
- [2] Cerutti, Exequiel; Lupotti Ignacio. (2019). "Análisis del costeo del servicio de rectificación de motores de combustión interna". *Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos*. Santa Fe, Argentina.
<https://doi.org/10.33414/ajea.1.594.2019>
- [3] Defagot, Constanza; Leguizamón, Martín. (2020) "Herramienta de costos para mejorar la eficiencia en rectificación de motores". *Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos*. Santa Fe, Argentina.
- [4] Rodríguez, Ma. Elvira*; Tucci, Víctor; Cerutti, Exequiel; Lupotti, Ignacio. (2020) "Costeo de actividades del sector de rectificación de tapas de cilindro de motores". *COINI*. Santa Fe, Argentina.
- [5] Caisaluisa Valenzuela, Diego Ernesto. (2016). "Estudio técnico para la determinación de costos en el proceso de rectificación de motores a gasolina en la empresa Rectificadora & Motores Continental ubicada en San Rafael – Catón". *Instituto Tecnológico Equinoccial*. Quito, Ecuador.
- [6] Cena, Carolina Andrea. (2018). "Un sistema de información en base a costos estimados para una PyME Argentina". *Universidad Nacional de Villa María*. Villa María, Argentina.
- [7] García, Laura. (2002). "El significado del costo". XXV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos. Buenos Aires. Argentina.
- [8] García, Laura; Podmoguilyn, Marcelo. (2004). "La necesidad cualitativa de los factores y la consideración del Modelo de Costeo Directo". *Anales del XXVII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Tandil, Buenos Aires. Argentina.
- [9] Tucci, Víctor; Rodríguez, Ma. Elvira; Scardanzan, Luciano; Defagot, Constanza. (2020). "Análisis comparativo de inductores que determinan el consumo de actividades requeridas en el servicio de rectificación de tapas de cilindro de motores de combustión interna". XIII COINI 2020. San Rafael, Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer al Ing. Renzo Píccoli por la información brindada, a los alumnos becarios del grupo Gempro UTN FRSF: Santiago Yori y Ma. de los Milagros Reinares

por ser parte de los relevamientos, procesamiento de la información y análisis de actividades e inductores.

Optimización del proceso de recría y alimentación del ganado vacuno aplicando simulación dinámica

Paz Joaquín; Menéndez Facundo; Romera Nahuel; Caminos Andrés

*Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de Ingeniería
joaquinpazaguerre@gmail.com; facundoluism@gmail.com; nahuel.romera@gmail.com
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Cruz
andres.caminos@gmail.com*

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el fin de estudiar, evaluar y analizar cuál o cuáles son las mejores alternativas (de un pool de escenarios viables) para desarrollar la actividad de producción de recría de ganado vacuno en la Provincia de Buenos Aires, Argentina y para brindar una fuente de información confiable tanto a particulares como a productores de la región, que deseen mejorar su sistema productivo teniendo en cuenta la mayor cantidad de variables que impactan en el proceso. Desde diferentes puntos de vista, se realizó un estudio metódico del impacto de las variables que condicionan la operación del negocio como el tiempo de crecimiento del alimento, compra de silobolsas teniendo en cuenta los meses de consumo, el manejo vacuno y sistema de crianza, layout del establecimiento para manejo de pastura y cantidad de ganado, entre otras variables como también las de gestión económica del proyecto. En este trabajo, se refleja el manejo de un establecimiento agropecuario estándar utilizando para ello un modelo de simulación dinámico que permite ensayar diferentes escenarios analizando costos y beneficios de su aplicación. El modelo simula lo que sucede con la producción de alimentos y cómo esta influye tanto en la cría del ganado vacuno como en el manejo de pasturas. A su vez, analiza cómo el silo-bolsa aumenta la capacidad productiva del establecimiento y, además, permite simular diferentes escenarios para mejorar las utilidades. Finalmente, se realiza un informe para el establecimiento con las diferentes opciones y resultados obtenidos que permitan aplicar la mejor decisión para poner en práctica.

Palabras Claves: *Simulación, Dinámica, Recría, Vacunos, Optimización*

ABSTRACT

This work was carried out to study, evaluate, and analyze which are the best alternatives, from a pool of viable scenarios, to develop the production activity of cattle rearing in the Province of Buenos Aires, Argentina and to provide a reliable source of information for both individuals and producers in the region, who wish to improve their production system, taking into account the greatest number of variables that could impact the process. Considering different points of view, we do a methodical study of the impact of the main operation variables of the business such as the growth time of the feed, purchase of silage taking into account the months of consumption, the cattle handling and the breeding system, proper layout of the place for pasture and livestock, among other variables such as the economic management of the project. In this work, it is reflected the management of a standard agricultural establishment using a dynamic simulation model that allows testing different scenarios analyzing the costs and benefits. The model simulates the food production and how it influences both cattle raising and pasture management. At the same time, it analyzes how silage increases the productive capacity of the establishment and simulates different scenarios to improve profits. Finally, considering the obtained results, a report is made to allow the implementation of the best decision.

Keywords: *Simulation, Dynamic, Rearing, Cattle, Optimization*

1. INTRODUCCIÓN

Argentina es uno de los grandes productores de carne vacuna a nivel mundial y también uno de los mayores consumidores per cápita de la región. Argentina, históricamente se ha destacado como un país agroexportador, esto es debido a las características agroecológicas que favorecen este tipo de producciones. A pesar de esto, la actividad ganadera representa una gran parte del desarrollo económico desde el comienzo de la historia nacional. Argentina se destaca por la producción y exportación de carne de calidad. Según los datos y estimaciones recabados por el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)[9] para el año 2018 y 2019, Argentina se ubicaba en la sexta posición a nivel mundial en producción de carne, según muestra la figura siguiente con valores expresados en miles de toneladas anuales según graficó la Bolsa de Comercio de Rosario, Argentina en un informe con datos del USDA.

Tabla 1. Países exportadores de carne vacuna. Fuente USDA [9]

	País	2018	2019 (est.)	Var i.a.	Participación (%) en el Total
1	Brasil	2.083	2.210	6%	20,4%
2	India	1.556	1.700	9%	15,7%
3	Australia	1.662	1.575	-5%	14,5%
4	Estados Unidos	1.432	1.476	3%	13,6%
5	Nueva Zelanda	633	590	-7%	5,4%
6	Argentina	508	580	14%	5,4%
7	Canadá	502	525	5%	4,8%
8	Uruguay	466	440	-6%	4,1%
9	Unión Europea	351	360	3%	3,3%
10	Paraguay	365	355	-3%	3,3%
	Otros	995	1.024	3%	9,5%
	Total Mundial	10.553	10.835	3%	100,0%

Actualmente en Argentina y en el mundo existen múltiples sistemas y variantes productivos para el proceso de engorde bovino. En términos generales, se pueden agrupar en dos tipos, estos son sistemas confinados y sistemas pastoriles de cría o recria.

Los **sistemas confinados**, tienen como característica principal, que el animal va a tener poco movimiento dentro del establecimiento. A estos sistemas se los conoce como Feedlot. Este sistema de cría lleva más de 20 años en Argentina y entre sus múltiples características lo que se busca es aumentar los plazos alimenticios del animal para lograr que lleguen al estado de peso deseado en un menor tiempo. Se busca lograr un aumento entre 1,3 kg. y 1,6 kg. diarios. El tiempo de estos engordes varía según la edad y el peso de ingreso del animal al establecimiento. En promedio, el plazo de engorde del animal puede oscilar entre 60 a 120 días para lograr el estado de gordura y peso deseado. En un trabajo anterior de los autores [4] se ha analizado este proceso de cría detalladamente, también siguiendo un análisis basado en la disciplina Dinámica de Sistemas.

Dentro de los **sistemas pastoriles** se cuenta el proceso de recria que consiste en la producción de terneros y engorde a campo abierto y prevé el nacimiento de un ternero por año por madre. Para este proceso, se debe garantizar el alimento y los cuidados de sanidad pertinentes para todos los animales. El proceso de producción de carne, para el sistema pastoril de recria, se divide en cuatro etapas, 1) cría, 2) recria, 3) engorde (conocido como invernada), 4) la venta y luego el procesamiento industrial dirigido al consumo o a su almacenaje (congelado, conservas, etc.). (Este último paso no forma parte del modelo realizado).

La primera etapa de “**cría**” es la etapa de mayor importancia, ya que, esta determina el biotipo de especie animal con la cual se va a trabajar a lo largo de todo el proceso. Esto es de vital importancia porque define los mercados a los cuales se podrá acceder para su posterior venta. Es decir, un biotipo que no se apega al biotipo del mercado final, hace que toda la operación se vea comprometida. Por lo tanto, definir un biotipo y trabajar para lograrlo, genera una apertura en múltiples mercados no solo locales sino internacionales. Esta etapa de “**cría**”, puede subdividirse en múltiples etapas, todas de vital importancia como reproducción, gestación, cuidados antes, durante y post parto y lactancia. Estas etapas, en mayor o menor medida, también dependen del biotipo de especie con la que se trabaja.

La segunda etapa “**recria**”, tiene su inicio al momento del destete del ternero y finaliza cuando se inicia el proceso de engrasamiento para terminación y faena. La tercera etapa de “**engorde**”, por

otro lado, se busca medir la evolución del crecimiento a través de indicadores KPIs (Indicadores Clave de Rendimiento) y realizar un seguimiento para lograr la mayor eficiencia en términos de kilaje. Su objetivo es el de aumentar el peso deseado en el menor tiempo posible, sin dejar de lado la calidad de la carne. El tiempo que dura esta etapa, depende del peso de faena objetivo, de los recursos forrajeros y recursos económicos que posea el establecimiento. La tabla 2 siguiente muestra las proporciones típicas de crecimiento, en un determinado periodo de tiempo de hueso, músculo y grasa. La cuarta etapa, la **venta**, consiste en seleccionar los animales para venta en ferias, remates o consignatarios de hacienda con el objetivo de conseguir los ingresos necesarios para el funcionamiento de la explotación..

Tabla 2. Evolución del desarrollo corporal ternero vacuno. Fuente: Ayala [2]

Edad	Hueso (%)	Músculo (%)	Grasa (%)
3 meses	26	67	7
8 meses	18	66	16
33 meses	13	49	38
39 meses	10	47	43

2. Objetivos y Alcance

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un modelo de simulación que combine modelos dinámicos, probabilísticos y discretos basado en lógica ingenieril de procesos para analizar un proyecto de inversión de un establecimiento agropecuario existente en la cuenca del Río Salado en la provincia de Buenos Aires, Argentina destinado a recría de animales vacunos bajo el sistema pastoril a campo abierto. Como objetivo secundario de busca disponer de una herramienta de análisis de proyectos de inversión económico-financiero aplicable a otro tipo de establecimiento de cría o recría de animales de características similares. El alcance de este modelo está limitado al análisis de proyectos de explotación ganadera, pero, la lógica incorporada en el modelo puede resultar aplicable a otro tipo de explotaciones con pequeñas modificaciones.

3. Descripción del Proceso Productivo

A grandes rasgos, se determina que el tiempo y las fases del proceso productivo de recría pastoril de ganado vacuno son las siguientes:

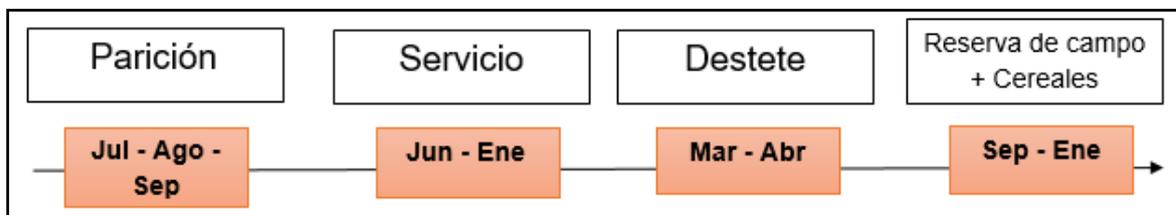


Figura 1. Etapas del proceso de recría. Fuente: producción propia

Según la presente línea de tiempo, en donde hay 4 etapas bien marcadas, es importante resaltar, qué infraestructura y herramientas son necesarias para llevar a cabo la tarea. Como primer punto, es necesario un establecimiento que disponga de determinadas características de suelo que genere el desarrollo posible de la mencionada actividad productiva. Por otro lado, existen diferentes equipos mecánicos y otros que, dependiendo del grado de tecnificación del establecimiento y el volumen de ganado que se maneje, será necesario disponer. Entre este equipo, se puede encontrar corrales, mangas, balanzas, cargador para trabajar con los animales, tractores, mixers o mezcladores y planta de silos para realizar la alimentación diaria.

La primera etapa "**Parición**" de figura 1, es el proceso donde la vaca tiene por parición a su ternero. Cabe aclarar que, durante esta etapa se debe estar pendiente de que alguna vaca del establecimiento presente problemas al momento del parto. En la segunda etapa, "**servicio**", es el proceso en el cual la vaca es servida por el toro o inseminada artificialmente. Dentro de esta etapa, el primer servicio de una vaquillona debe ser entre los primeros 15 y 24 meses, esto depende de la zona en donde se encuentre el establecimiento, del biotipo de animal, entre muchos otros aspectos. Por ejemplo, en zonas de clima tropical, preñar una vaca con edad entre 15 y 18 meses puede causar que esta muera ya que no puede soportar el proceso de preñez a altas temperaturas.

La tercera etapa, el "**Destete**", es el periodo en que la cría comienza a alternar entre continuar consumiendo leche materna y comer alimento disponible del campo. En la cuarta etapa, "**Reserva**

de campo + Cereales”, se considera como la etapa previa a la venta del ternero, es el periodo donde la cría y también las vacas, se alimentan del forraje y los almacenamientos en silo-bolsas del establecimiento. En los casos donde el forraje presente en el campo no sea suficiente, algunos establecimientos optan por comprar y almacenar silo-bolsas para reforzar la falta de alimento.

4. Descripción del Problema Por Resolver

En el presente proyecto, se estudia cómo se maneja y se plantean posibles mejoras para la producción de cría ganadera de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, en la provincia de Buenos Aires, Argentina, donde los establecimientos rurales son principalmente campos de cría con terrenos “duros”, por lo tanto, no se recomienda hacer agricultura dado que la eficacia o rendimiento de dicha producción son inferiores comparados con otras zonas de la provincia de Buenos Aires como, por ejemplo, la zona oeste. Sin embargo, algunos cereales como soja, maíz y trigo se pueden sembrar obteniendo buen rinde por hectárea.

En el caso bajo estudio, se realizaron cálculos sobre cantidad de forraje actual, y cálculos sobre la cantidad óptima de forraje que se debe mantener en el establecimiento, para optimizar el manejo del ganado y para vender a buen peso dicha hacienda. El análisis contempla los costos para hacer forraje en silo-bolsa, mejorar las pasturas, entre otros aspectos, y así, lograr una eficiencia en la utilización del establecimiento. En el establecimiento bajo análisis, se evaluará, principalmente la inversión financiera para optimizar el manejo de este considerado como explotación comercial con fines de obtener beneficios. El establecimiento ha permitido el acceso a los datos de la explotación que resumimos a continuación.

El establecimiento cuenta con 635 hectáreas totales de las cuales, 447 hectáreas son destinadas para la ganadería, 11 hectáreas son pequeñas lagunas y desniveles que incitan a la acumulación de agua de lluvias por lo tanto no son cultivables, 7 hectáreas son de una propiedad que tiene la empresa en este establecimiento, con un fin privado no productivo, más la suma de alguna calle interna, las restantes 170 hectáreas, son las mejores en términos de fertilidad de suelo, se destinan para la producción agrícola, principalmente soja, girasol y maíz.

El establecimiento realiza inversiones en la compra de silo-bolsas de forrajes. Esto le sirve para reforzar la comida en el periodo de otoño e invierno, época en la cual el campo no tiene tanto forraje a disposición. Al realizar esto, el establecimiento mantiene en buen estado al ganado y además permite que el campo “descanse” un poco ya que no está tan “pisado” según la jerga agrícola. Generalmente el establecimiento intenta disponer de 4 silo-bolsas por año en existencia continua.

Durante el año 2019 (año utilizado para validar el modelo), se gestaron 283 terneros y terneras dando una tasa de parición del 94%. De estos 283 terneros se vendieron un total de 232 y, 51 terneras se guardaron para mantener el planten de vacas madres. El escenario inicial (cero) se basa en los siguientes datos: de la venta de terneros del año 2018, se guardaron 59 terneras que serán servidas en 2020, lo cual al inicio de 2019 se contaba con 652 vacunos (301 vacas madre + 9 toros + 59 terneras + 283 terneros). Cada vacuno consume en promedio entre 1.25 y 1.5 toneladas/mes de forrajes y el establecimiento contaba con forrajes equivalentes a 4505 toneladas.

El capital de trabajo inicial fue de \$900,000 (pesos argentinos) y al inicio del periodo de análisis, no había existencia de silo-bolsas de forrajes, recién fueron necesarias a partir del tercer mes de 2019. La tasa de corte de descuento de flujos generados por los ingresos está tomada con un valor de 51% anual, en pesos, equivalentes a 14.1% anual en dólares, valor consensuado con los inversionistas y propietarios de la explotación.

5. Creación del Modelo de Simulación

El modelo por construir debe pasar por varias etapas, comenzando con un diagrama de causalidad que representa la relación entre las principales variables consideradas de importancia. La figura 2 muestra el diagrama causal construido con Vensim PLE [10] sobre la situación inicial que representa el estado actual del sistema productivo bajo análisis.

En el diagrama causal de figura 2 identificamos los lazos de control que permiten evaluar el sistema en su totalidad cambiando parámetros simultáneamente. Los bucles de realimentación marcados como B y R muestran las causas estructurales que provocan los comportamientos del sistema. Los KPI claves del modelo son: las utilidades con las que el campo o la explotación dispone mes a mes para la toma de decisiones, la cantidad de ganado disponible, la cantidad de pasto en existencia y la cantidad de unidades de silo-bolsa de forrajes disponibles para alimentar el ganado y controlar su evolución. Dependiendo de cómo se manipulen las variables de decisión (ganado deseado, cantidad de pasto y unidades de silo-bolsa a comprar) se podrá ver la evolución de los KPI y actuar en

consecuencia sobre las variables de decisión para lograr los objetivos deseados. Todo esto analizado desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, una metodología que permite analizar sistemas realimentados, donde cualquier impacto en las variables de entrada del modelo, permite predecir el comportamiento o respuesta del sistema ante estos cambios.

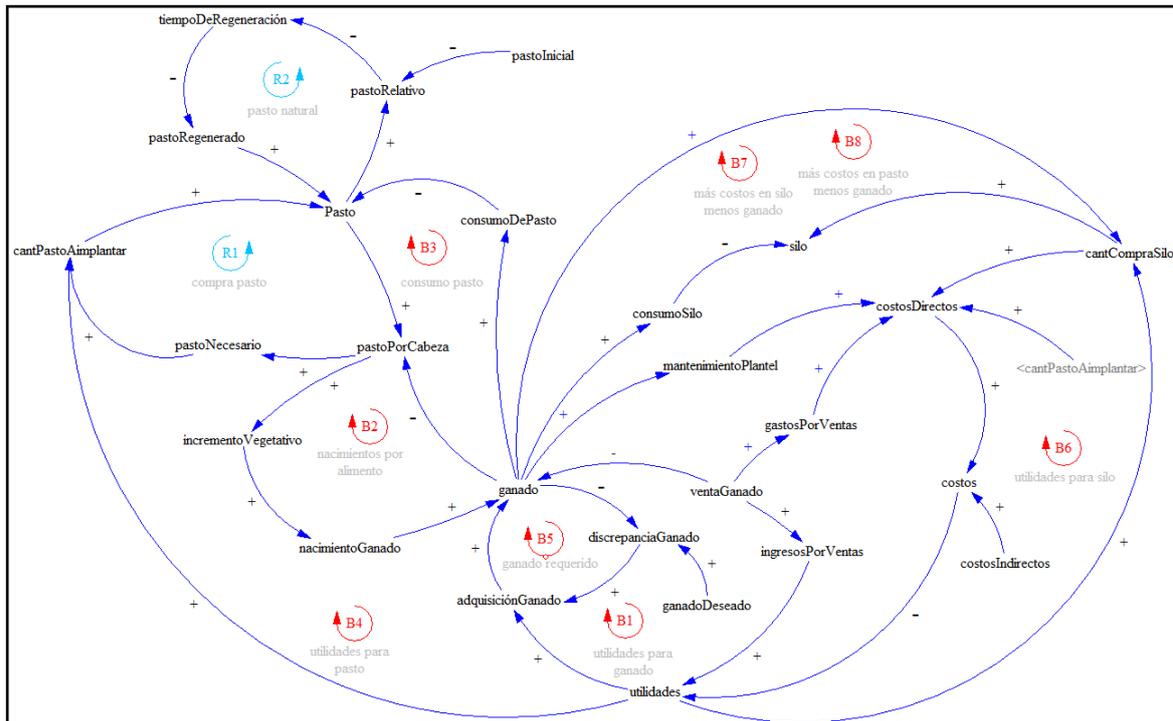


Figura 2. Diagrama causal del estado actual del sistema en Vensim. Fuente: propia

En la figura 3 se observan las principales causas y usos que se le da a la variable **utilidades** siendo las variables que están a la izquierda las que provocan el incremento/decremento de la variable, y las variables que están a la derecha muestran las actividades que se desprenden de tener ciertas disponibilidades de dinero e involucran los bucles B4, B6 y B7 del diagrama de figura 2. De esta forma, los usos del diagrama de la figura 3 permiten mostrar cómo las utilidades impactan en las variables **adquisiciónGanado**, **canCompraSilo** y **CantPastoAimplantar**. Estas relaciones son de signo positivo indicando que a mayor cantidad de utilidades disponibles se podrá realizar mayores inversiones en la compra de ganado, silo y pasto. Respecto a las causas, la variable **VentaGanado**, tiene en cuenta la cantidad de ganado (no se muestra en esta figura) y el peso promedio de cada animal que está siendo vendido, impactando así a la variable **ingresosPorVenta** y finalmente en **utilidades**, ya que, por cada animal vendido dentro del establecimiento, tomando en cuenta el peso del animal, refleja la cantidad de dinero que el establecimiento obtiene luego de cada venta descontando los costos de operación. El resto de las ramificaciones muestra cómo se generan los costos directos e indirectos.

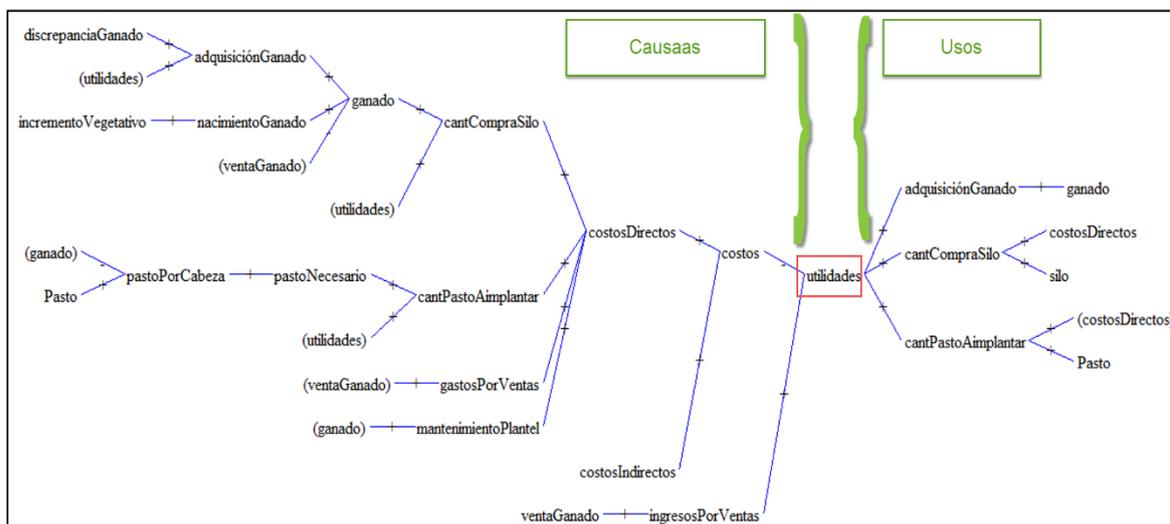


Figura 3. Usos y Causas de la variable Utilidades. Fuente: propia

En las figuras 4, 5 y 6 se muestran las causas y usos del resto de los KPI mencionados anteriormente que involucran el resto de los bucles e incluso aquellos bucles que no fueron diagramados a fines de simplificar la visualización del diagrama de influencias.

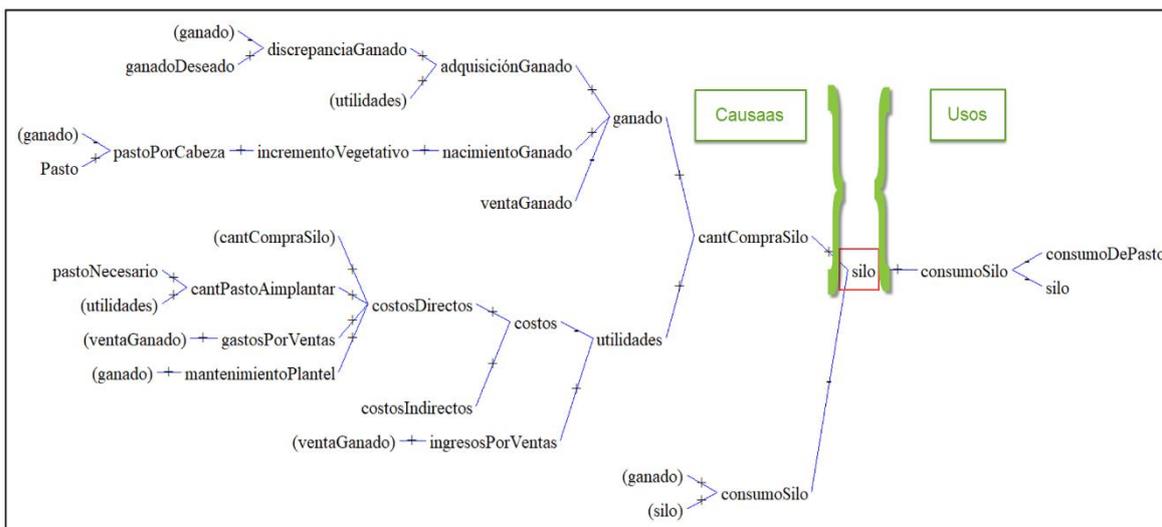


Figura 4. Usos y Causas de la variable Silo. Fuente: propia

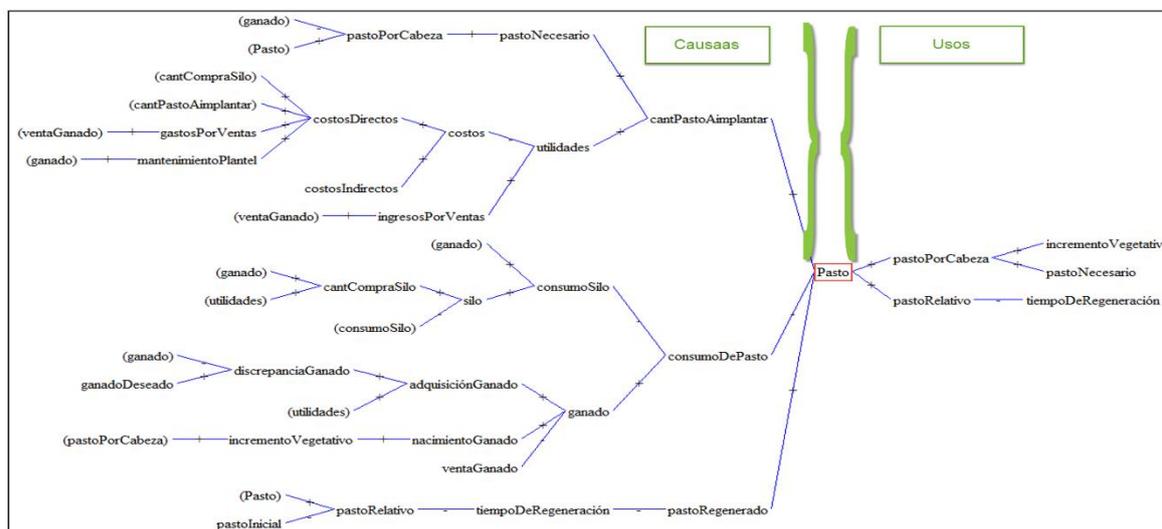


Figura 5. Usos y Causas de la variable Pasto. Fuente: propia

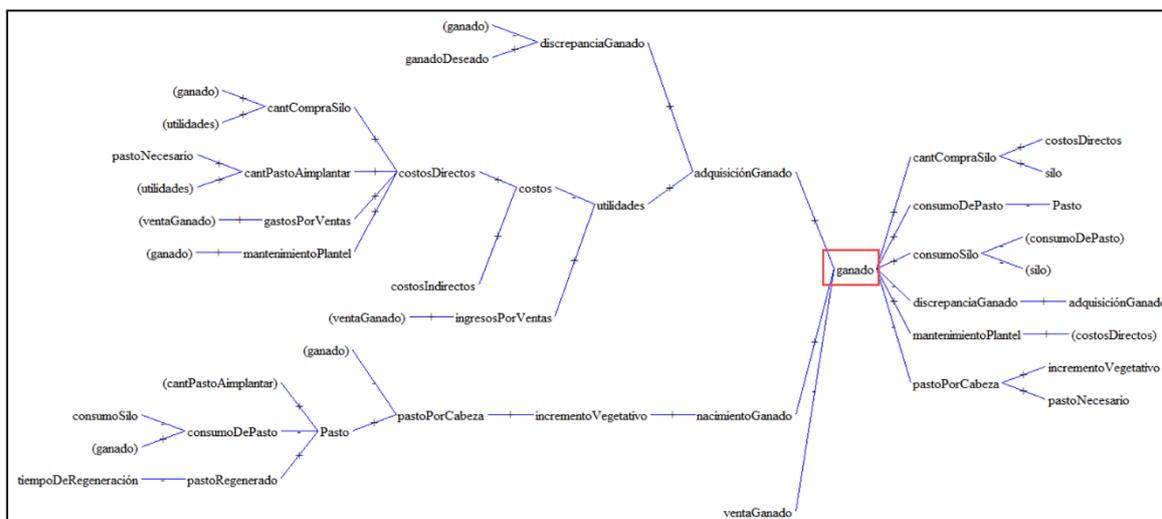


Figura 6. Usos y Causas de la variable Ganado. Fuente: propia

Diagrama de Niveles y Flujos o Diagrama de Forrester: este diagrama fue escrito en el software de simulación Anylogic versión PLE [1]. Este diagrama resulta de una “traducción” del diagrama de causalidad de figura 2 realizado en VENSIM [10] en un nuevo diagrama conocido como diagrama Forrester [6] o diagrama de Niveles y Flujos. Este diagrama es el que luego permite la simulación

en un lenguaje apropiado; Anylogic PLE [1] es el elegido para nuestro proyecto y con el cual se realiza toda la experimentación necesaria. La figura 7 representa el modelo causal convertido a modelo de Niveles y Flujos sobre el cual se analizará la situación actual, escenarios alternativos y escenario de optimización.

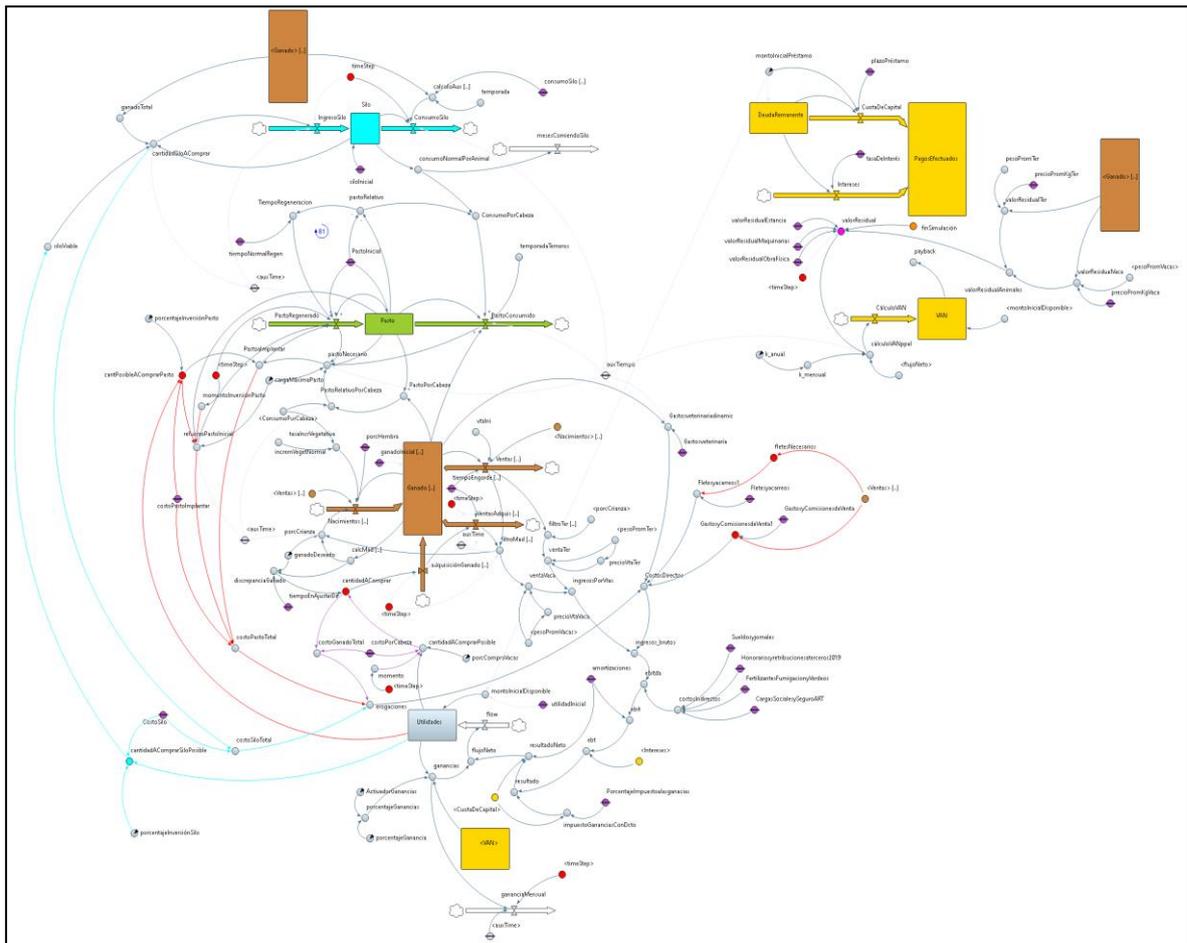


Figura 7. Diagrama Forrester desarrollado en Anylogic. Fuente: propia

6. Validación del Modelo

Para validar el modelo se realizó la simulación del primer año (2019) y se evaluó mes a mes que los resultados de los distintos KPI como el resto de las variables coincidan con la información relevada del establecimiento. Una vez realizada la validación se plantearon 3 escenarios que estaban en los planes de los dueños del establecimiento agropecuario. El escenario inicial o escenario cero fue explicado anteriormente. Se tuvo que realizar algunos ajustes que demandaron bastante tiempo para **“poner a punto”** el modelo, bajo la premisa que reproduzca la situación actual de los datos económicos del establecimiento. El modelo y sus resultados fue consensuado con los propietarios del establecimiento y aprobado por estos.

7. Experimentación con el Modelo

Una vez ajustado el modelo a que reproduzca la situación actual (escenario cero que incluye todo el periodo 2019, conocido), se decide experimentar para analizar otros escenarios. Uno de ellos (escenario 1) se construyó asumiendo que la explotación agroganadera toma un préstamo bancario de \$ 6.5 millones de pesos argentinos (AR\$). Luego se analiza un segundo escenario en la cual se toma un crédito bancario de \$4 millones de AR\$. Ambos escenarios de préstamos se calculan con un plazo de devolución de capital e intereses de 72 meses (6 años) según sistema francés de cálculo de cuotas con una tasa de interés de 19.56% anual en pesos (TNA). Se trata de préstamos de bancos públicos destinados a pequeñas y medianas empresas (Pymes) para desarrollos productivos. En la tabla 3 se muestra una comparación de los escenarios planteados (todos con diferente parametrización, pero con el mismo límite temporal de 86 meses).

El pedido de los accionistas de la explotación fue simular por un periodo de 7 años (2019 a 2026, 84 meses) para los tres escenarios. Debido a que los sistemas dinámicos permiten recolectar información a “mes vencido”, decidimos agregar 2 meses para obtención de resultado de variables dinámicas, totalizando entonces 86 meses para valuación de fondos y comparación de resultados.

En la tabla 3 se resumen los resultados del proyecto de inversión de cada escenario comparando el VAN (Valor Actual Neto) y el ROI (Retorno Sobre la Inversión). Solo se considera como comparación el impuesto a las ganancias, con una tasa de 35% para todos los casos. Los impuestos de amortización de préstamos están incluidos dentro de la parte intereses en el desembolso mensual e incluyen los impuestos propios de un préstamo bancario (IVA y otros).

Tabla 3. Comparación de escenarios. Fuente: propia

Escenario	Caso Base (inicial)		1	2		
Compra de ganado	X	0	✓	153 única vez	✓	153 única vez
Siembra de Forraje	X	Dinámico (por escasos y si hay utilidades)	✓	5.039,29 Tn. (Máximo al inicio, luego dinámico si hay utilidades)	X	Dinámico (por escasos y si hay utilidades)
Compra de Silo-bolsas	✓	Dinámico	✓	Dinámico	✓	Dinámico
Monto de credito	X	\$ 0,00	✓	\$ 6.500.000,00	✓	\$ 4.000.000,00
Plazo			72 meses			72 meses
Capital Inicial		\$ 900.000		\$ 900.000		\$ 900.000
Tasa de credito		0,00%		19,56%		19,56%
Impuesto a las ganancias		35,00%	12,71%	Por 72 meses. Luego 35%.	12,71%	Por 72 meses. Luego 35%.

El modelo inicial fue validado con datos del año 2019 y fue analizado bajo el supuesto de flujos de fondos para un periodo de 86 meses (7 años y 2 meses), calculando los flujos mensuales de libre disponibilidad y descontados a una tasa de mercado de 4.25% mensual (51% anual) en pesos para el escenario cero y de 47% anual en pesos para los escenarios 1 y 2. Ambos valores (VAN y ROI) resultan ser positivos y expresan que el proyecto de explotación es factible y posible de ser implementado. Los resultados de TIR (Tasa Interna de Retorno) en todos los casos resultaron superiores a la tasa de corte de cada escenario. Los resultados comparativos de los 3 escenarios (actual y los 2 adicionales) resumen resultados en la tabla 4.

Tabla 4. Comparación de escenarios. Fuente: propia

Variables	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Unidades
Utilidades	5,118,997	17,357,858	11,886,297	Pesos (AR\$)
VAN	14,840,000	14,250,000	14,800,000	Pesos (AR\$)
Ganancias	19,020,000	14,930,000	29,920,000	Pesos (AR\$)
Tasa de Corte	51%	47%	47%	% anual
ROI	16.48	1.926	3.02	

Posteriormente, debido a que se utilizaron un conjunto de variables de tipo determinísticas o discretas y otras de tipo estocástica o probabilística, se decide simular el modelo validado (escenario cero) utilizando la técnica de simulación Montecarlo y dado que el modelo es muy complejo, se corrió para 200 simulaciones con diferentes valores de semillas (generación de números aleatorios), con lo cual se obtuvieron parámetros similares a los descritos en tabla 4 pero manejando intervalos de confianza de 95% para expresar los principales valores de rendimiento de la explotación (VAN, ROI y otros KPI) y de esa forma validar los resultados obtenidos, revisando si estaban dentro de los límites de intervalos de confianza de 95%.

8. Optimización del Sistema de Simulación

Para el planteo de los escenarios 1 y 2, se tomó en consideración la voz de los socios del establecimiento analizado y lo que ellos esperan, por ejemplo, tomar un crédito bancario para aumentar su capital de trabajo inicial y para llevar adelante los diferentes proyectos que la organización necesita, por lo tanto, queda en evidencia que se pudieron haber planteado infinitos escenarios con múltiples combinaciones de variantes en términos de importe de préstamo a solicitar, ganancias a retirar, porcentaje de inversión en silo-bolsa, en siembra de pasto y en compra de vacas entre otras variables de interés. Realizar el planteo de múltiples escenarios llevaría a un trabajo excesivo en términos de este proyecto y, de todos modos, siempre habría escenarios que quedarían sin plantear y tal vez, una gran cantidad de escenarios serían complejos de analizar a la hora de buscar la combinación que mejor resultado otorgue.

Se decide entonces, realizar un experimento de “**optimización**” donde se busca una combinación de parámetros de entrada que permita “**maximizar**” las ganancias que podrían obtener los socios. Las palabras optimización y maximizar se ponen entre comillas ya que el software Anylogic utiliza un algoritmo heurístico que no está publicado para su evaluación, y por lo tanto no podemos asegurar que realmente sea el óptimo ni el único. Por otra parte, debido a la utilización de la versión PLE (Personal Learning Environment) del software Anylogic, sólo se permite un máximo de 7 variables para optimizar lo cual reduce el espectro de análisis. Anylogic utiliza el optimizador multivariable Optquest, producto de la empresa Opttek que está integrado al producto y también es utilizado en otros simuladores comerciales.

Dentro de las restricciones planteadas en el párrafo anterior, se realiza el modelo la función objetivo, en este caso se plantea la optimización de una función que evalúa: “**que el ROI sea mayor o igual a 3, que las ganancias acumuladas sean mayores o iguales al doble de las utilidades y que además el VAN sea mayor o igual a \$2.000.000**”. Estos requisitos fueron propuestos por los dueños y accionistas del establecimiento analizado. En este sentido, el planteo de la función objetivo podría ser más abarcativo teniendo en cuenta otros conceptos adicionales. El experimento de optimización realizará un barrido de todas las opciones configuradas en la parametrización buscando los óptimos locales de cada combinación, quedándose con aquellos que optimicen (maximizar) la función objetivo. Por último, debido a que la lógica interna es estocástica, se debe correr la optimización con réplicas, así cada juego de parámetros seleccionado en la optimización tendrá una cierta cantidad de réplicas fijas o variables del modelo simulado (según elección del usuario). Para realizar esta tarea, se configuró el experimento según lo que se resume en figuras 9 y 10. Se configuraron 1000 escenarios de optimización con 200 simulaciones de tipo Montecarlo cada uno.

Parameters:					
Parameter	Type	Value			
		Min	Max	Step	Suggested
ganadoDeseado*	fixed	354			
porcCompraVacas	continuous	0	1	0.25	
montInicialPréstamo	discrete	0	7000000	50000	
porcentajeInversiónSilo	continuous	0	1	0.25	
porcentajeInversiónPasto	continuous	0	1	0.25	
ActivadorGanancias	design	0	1	1	
porcentajeGanancia	continuous	0	0.3	0.1	
k_anual	fixed	0.47			
cargaMáximaPasto*	fixed	5038.39			
intervaloPaulsa*	fixed	86			

Model time	
Stop:	Stop at specified time
Start time:	0
Stop time:	85
Start date:	1/ 1/2019
Stop date:	25/12/2025
	00:00:00
	00:00:00

Figura 9. Configuración de optimización. Fuente: propia

En la definición de la optimización se indica el objetivo de maximizar la función **calcularGanancia()**, los parámetros y los rangos de variación de las variables causales que son los que están recuadrados en rojo en la figura 9. Por ejemplo, **montInicialPréstamo()** se variará de forma discreta entre 0 y \$7.000.000 con pasos o intervalos de \$50.000. El activador de ganancias se armó como una función de diseño que se prueba como valor 0 o 1 activado/desactivado, etc. Este activador representa incluir o no incluir retiro de ganancias o dividendos en el cálculo de los flujos

de fondos a comparar. Por defecto está configurado como activado, que significa retiro de dividendos. Luego de correr la optimización se pueden observar las mejoras en la figura 10 donde se muestra la convergencia de la función objetivo y los valores recomendados de las variables de interés. Los valores óptimos de las variables se resumen en la parte inferior de la figura 10.

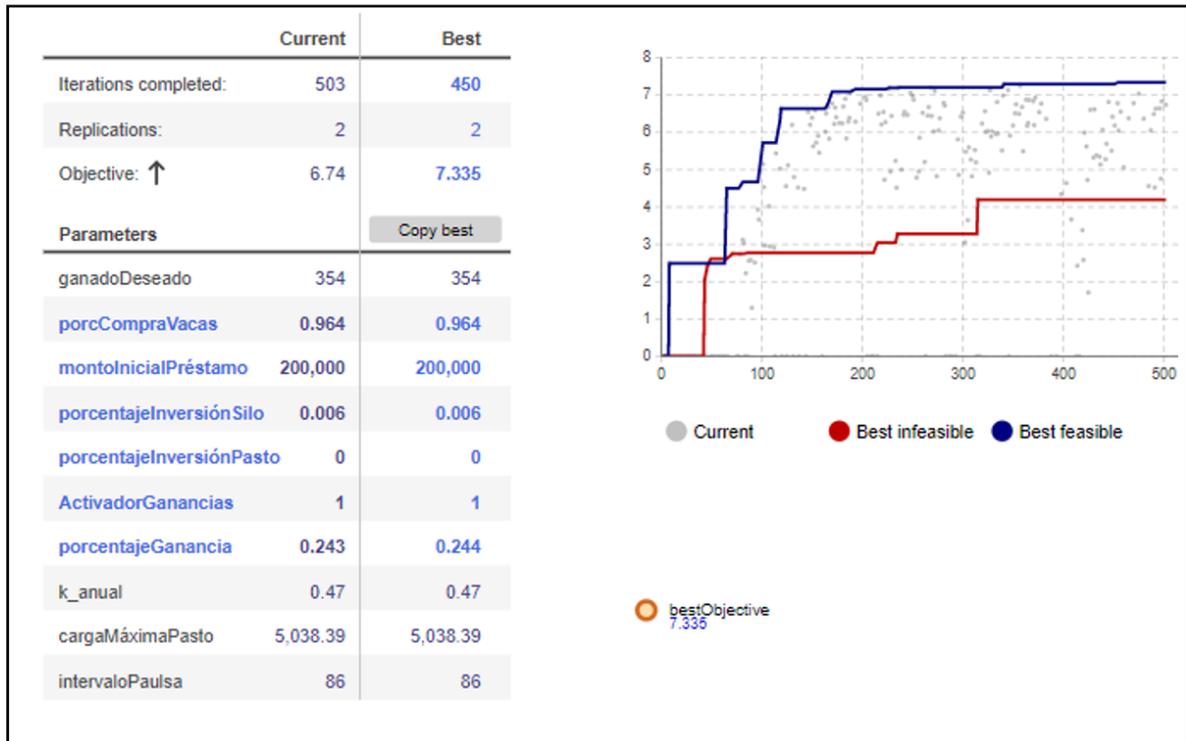


Figura 10. Resultados de optimización. Fuente: propia

Con los valores optimizados de la figura 10, corrimos nuevamente un conjunto de 200 simulaciones Montecarlo a fin de lograr una muestra de simulaciones que nos permita establecer intervalos de confianza de 95% para los valores de las variables de interés. Por problemas de espacio no podemos incluir todos los escenarios obtenidos en este trabajo. La tabla 5 representa el resumen de los resultados de las múltiples corridas sobre los valores optimizados de las variables. Todos los valores de la tabla 5 están expresados en pesos argentinos (AR\$) y los valores de ROI están expresados como una representación de la ganancia por cada peso invertido. Entendemos como **Ganancias acumuladas** el concepto de retiro de dinero por parte de los socios y accionistas (dividendos) y por **Utilidades** entendemos la cantidad de cantidad de dinero generado por el proyecto luego de descontar los retiros o dividendos.

Tabla 5. Comparación de escenarios y optimización. Fuente: propia

Concepto	Semilla 1			optimizado
	Esc 0 (inicial)	Esc 1	Esc 2	
Utilidades	5.118.997	17.357.858	11.886.297	4.840.894
VAN Acumulado	14.840.000	14.250.000	14.800.000	13.640.000
Ganancias acumuladas	19.020.000	14.930.000	29.920.000	35.500.000
ROI	16,483	1,926	3,02	12,398

Puede parecer que el escenario optimizado tiene menor rendimiento que el escenario inicial (cero), pero como se observa en el valor resaltado en amarillo, es el que provee mayores dividendos para los accionistas a expensas de un ROI un poco más bajo. En el cálculo del VAN de todos los escenarios, incluyendo el optimizado, se ha incluido el valor residual de la explotación al finalizar el periodo de 86 meses de duración del proyecto. En todos los casos analizados, el valor de la TIR (Tasa Interna de Retorno) resultó superior a la tasa de corte utilizada en el descuento de flujo de fondos mensuales. El intervalo de confianza del VAN, del 95% de certeza, resulta positivo.

9. Recomendaciones

Debido a que el modelo tiene lógica estocástica, se recomienda correr diferentes corridas de optimización y además de medir los KPIs de referencia para ver las mejores combinaciones, también

se debe evaluar en términos de conveniencia o sencillez operativa qué indicadores KPI son relevantes ya que una solución de menor resultado puede redundar en facilidad de implementación para los socios. También recomendamos realizar simulaciones con aprendizaje reforzado que daría un panorama más amplio a la hora de encontrar soluciones óptimas.

10. Conclusiones

La simulación es una herramienta poderosa y en este trabajo se han combinado los tres tipos, discreta, probabilística y dinámica para analizar una explotación ganadera a pastura desde un punto de vista económico, valorizando las inversiones y ganancias, asumiendo el pago de impuestos correspondientes y configurando diferentes escenarios que luego resultaron optimizados.

El resultado de la validación y posterior optimización de un modelo para analizar la inversión en el desarrollo de una explotación agrícola ganadera basada en la cría de animales con manejo de pasturas permite contar con una herramienta de análisis para muchas empresas que independientemente del tamaño de la explotación, puedan disponer de suficiente información que mejore el proceso de toma de decisiones antes de comenzar el proyecto y elegir las mejores configuraciones de todas las variables que, analizadas desde el punto de vista del pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas, logra obtener excelentes resultados económicos, porque permite analizar las causas y efectos de cada una de las decisiones que necesiten ser definidas, mostrando en todos los casos la respuesta simulada de cómo responderá el “sistema” o la explotación una vez se decida su puesta en marcha. Trabajando coordinadamente el ingeniero industrial, nuestro caso, con los concedores del negocio, los propietarios del otro lado, es una buena práctica de trabajo colaborativo que permite unir el conocimiento científico y la industria.

Se realizaron muchas más pruebas de optimización que las resumimos en la tabla 5. En todos los casos se ha utilizado la herramienta de simulación Anylogic en su versión PLE que resultó suficiente para lograr los resultados optimizados. Agradecemos mucho al establecimiento que nos suministró la información de detalle de la explotación actualmente en marcha que sirvió de base para validar nuestro modelo de simulación. Se trabajó en conjunto con sus propietarios para construir el modelo con el grado de “realidad” más aproximado y teniendo en cuenta el entorno económico de la nación Argentina. El modelo no tuvo en cuenta el efecto de pandemia COVID-19 pero se espera que pueda volverse pronto a la normalidad de trabajo, en cuyo caso esta herramienta seguramente resultará de mucha utilidad. Por más información se sugiere contactarnos a los correos (email) de la primera página.

11. Referencias

- [1] Anylogic Software, <https://anylogic.com/>, Software de simulación para sistemas multiparadigma.
- [2] Ayala Vargas C. “Crecimiento y desarrollo de los mamíferos domésticos”. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5 (Especial), 2018, pp. 34-42.
- [3] Borschev A., Grigoryev I., “The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 8”, Pagina oficial de Anylogic.
- [4] Caminos A, Romera N., “Modelado y simulación de la producción ganadera a corral”, libro del VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial, COINI, Noviembre 2015, UTN-FRC, Córdoba, Argentina, ISBN 978-987-1896-50-9
- [5] Drew D., “Dinámica de Sistemas Aplicada”, España, Editorial ISDEFE, 1995, ISBN: 84-89338-03-05
- [6] Forrester J., “Industrial Dynamics”, Estados Unidos, Editorial Martino Fine Books, reimpresión 2013, ISBN-10 1614275335
- [7] Gordillo F, Aracil J., “Dinámica de sistemas”. España: Editorial Alianza, 1983. ISBN: 84-206-8058-3
- [8] Smith Thomas H., “Guía de la cría del ganado vacuno”. España, Editorial Omega, 2010. ISBN 8428215456
- [9] USDA, Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Sitio web: <https://fdc.nal.usda.gov/download-datasets.html>
- [10] Vensim Software, <https://vensim.com/>, Software de simulación para sistemas dinámicos

El impacto económico-financiero en las PyMEs que genera el financiamiento y asistencia del Estado en contexto de pandemia. Caso aplicado a una PyME de servicios en la ciudad de La Plata

Santos, Flavia; Dumrauf, Manuel; Couselo, Romina; Williams, Eduardo; Pendón, Manuela.

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.

romina.couselo@ing.unlp.edu.ar.

RESUMEN.

A partir del año 2020, debido a la pandemia, las empresas vieron modificadas sus realidades. Tuvieron que generar nuevas estrategias y tomar ciertas medidas para no perecer en el mercado. Frente a esta situación, el estado, a través de los diferentes entes gubernamentales lanzó programas de préstamos, subsidios, aportes no reembolsables y refinanciamiento para que las pequeñas y medianas empresas del país puedan hacer frente al contexto pandémico.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las medidas adoptadas por las pymes para enfrentar la baja actividades y el acceso al financiamiento de créditos blandos en el contexto de pandemia.

Para ello, se presentan las medidas que tomaron las pymes para enfrentar la baja actividad, el acceso a créditos blandos y programas de asistencia. Y se expone el caso de la PyME Print-Market, empresa de servicio de la ciudad de La Plata con más de 30 años en el mercado. Se compara el resultado de la empresa del primer año de pandemia, el año anterior a ella y uno que incluya las medidas de acompañamiento del gobierno tales como préstamos, subsidios, refinanciaciones, aportes no reembolsables, etc.

La asistencia y acompañamiento por parte del estado es de gran importancia para que las pymes en general, y para el caso planteado en particular, reactiven su producción y el consumo y así mantener la actividad económica en un contexto de pandemia.

Palabras Claves: pandemia, programas gubernamentales, resultado económico-financiero.

ABSTRACT

From the year 2020 onwards, due to the pandemic, companies saw their realities changed. They had to generate new strategies and take certain measures in order not to perish in the market. Faced with this situation, the State, through different governmental entities, launched loan programs, subsidies, non-refundable contributions and refinancing so that small and medium-sized companies in the country could face the pandemic context.

The purpose of this paper is to analyze the measures adopted by SMEs to face the low activity and access to soft credit financing in the context of the pandemic.

To this end, it presents the measures taken by SMEs to face the low activity, access to soft credits and assistance programs. And the case of the SME Print-Market, a service company from the city of La Plata with more than 30 years in the market, is presented. A comparison is made between the company's results in the first year of the pandemic, the year prior to it, and one that includes government support measures such as loans, subsidies, refinancing, non-refundable contributions, etc.

Assistance and support from the state is of great importance for SMEs in general, and in this particular case, to reactivate their production and consumption and thus maintain economic activity in a context of pandemic.

Keywords: pandemic, government programs, economic-financial performance.

1. INTRODUCCIÓN

En un contexto de pandemia de Covid-19, ha generado una crisis económica mundial y en particular en la Argentina las PyMES han sido gravemente afectadas a lo largo de 2020 dado que, debido a la suspensión parcial o total de sus actividades productivas se registraron importantes caídas de sus ingresos, teniendo serios problemas para cumplir con sus obligaciones salariales y financieras.

Ante esta situación, resultó primordial la asistencia con programas económicos por parte de los entes gubernamentales como medida de financiamiento para que las empresas puedan afrontar en mejor medida la crisis pandémica.

Todas las empresas tuvieron que recurrir a diferentes estrategias y plantearse nuevas formas de trabajo para no perecer. La capacidad de adaptación, gestión del cambio y seguimiento continuo de tendencias, fueron para muchas, tareas imprescindibles.

La PyMe Print-Market no fue la excepción, y así como muchas otras tuvieron que hacer su propio diagnóstico y enfrentar nuevos desafíos para sobrevivir. Con más de 30 años presente en el mercado de la ciudad de La Plata, Print-Market ofrece soluciones de impresión y digitalización para todo tipo de proyectos y, en este contexto de pandemia, tuvo que focalizar su trabajo más en las reparaciones y alquileres de equipo que en las ventas de los mismos; el consumo y demanda de sus productos varió y fue necesario también redireccionar las acciones que llevarían a cabo.

2. OBJETIVO

El objetivo del trabajo es analizar las medidas adoptadas por las pymes para enfrentar la baja actividades y el acceso al financiamiento de créditos blandos en el contexto de pandemia.

Demostrar, en un contexto de pandemia, el impacto económico-financiero que genera un programa económico gubernamental disponibles durante el 2020 en una pyme de la región de La Plata.

3. ALCANCE

Presentar, en contexto de pandemia, las medidas por parte de las pymes para enfrentar la baja actividad, el acceso al crédito blandos de las pymes y los programas de asistencia a la productividad y el trabajo.

Exponer el caso práctico, que se compara y analiza el desempeño económico financiero con y sin financiamiento gubernamental, de una Pyme de venta, mantenimiento y alquiler de equipos de impresión, fotocopiado, escaneo, fax y equipos multifuncionales de la ciudad de La Plata entre el año 2019 y el año 2020.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Que es la estructura de financiamiento. Balance general y Estado de Resultados.

La estructura de financiamiento es definida por (Aguirre, 1992) [1] como: “la consecución del dinero necesario para el financiamiento de la empresa y quien ha de facilitarla”; o, dicho de otro modo, es la obtención de recursos o medios de pago, que se destinan a la adquisición de los bienes de capital que la empresa necesita para el cumplimiento de sus fines. (Weston y Copeland, 1994) [2] definen la estructura de financiamiento como la forma en la cual se financian los activos de una empresa. La estructura financiera está representada por el lado derecho del balance general, incluyendo las deudas a corto plazo y las deudas a largo plazo, así como el capital del dueño o accionistas. (Damodaran, 1999) [3] y (Mascareñas, 2004) [4] determinan que la estructura financiera debe contener todas las deudas que impliquen el pago de intereses, sin importar el plazo de vencimiento de las mismas, en otras palabras “es la combinación de todas las fuentes financieras de la empresa, sea cual sea su plazo o vencimiento. (Mary A. Vera Colina, 2001) [5] plantea que la forma como están distribuidas las diferentes fuentes de financiamiento de la empresa se denomina estructura financiera.

Se define a la estructura de financiamiento como la combinación entre recursos financieros propios y ajenos; es la obtención de recursos o medios de pago, que se destinan a la adquisición de los bienes de capital y a la inversión corriente que la empresa necesita, para el cumplimiento de sus objetivos, lo cual se traduce en la forma en que se financian los activos de una empresa.

El estado de resultados nos informa sobre las ventas, los costos y los gastos de una organización durante un intervalo de que se haya cobrado o pagado. específico. El mismo sigue un criterio de devengado para el registro de sus operaciones. Esto es, considera como ingreso o egreso todo concepto que compete al período considerado, independientemente de que se haya cobrado o pagado en dinero. El resultado operativo, que corresponde al que producen los activos de la empresa independientemente de cómo son financiados.

Existen dos categorías de resultados, el operativo y el resultado o utilidad neta. La diferencia entre las ventas y el costo de las mercaderías vendidas, se denomina utilidad bruta que al restarle los gastos de administración y los gastos de comercialización se obtiene el resultado operativo también conocido como EBIT (earning before interés and taxes). Inmediatamente después del resultado operativo, aparecen una serie de partidas que representan los efectos financieros, que pueden ser generados por activos o pasivos. Además de los resultados financieros es posible que aparezcan otros ingresos y egresos que no puedan ser exactamente identificados en alguno de los rubros anteriores. Y pueden aparecer otros conceptos como los impuestos. El último renglón del estado de resultados representa la utilidad neta que en caso de ser positivo la firma dispone y decide si los distribuye en forma de dividendos o lo deja en el patrimonio neto en alguna forma de autofinanciamiento. [6]

Los ingresos de una empresa suponen incrementos en el patrimonio neto. Puede tratarse del aumento del valor de sus activos o la disminución de un pasivo. En tanto los egresos corresponden a la salida de dinero de una empresa, lo que implica una reducción en el patrimonio.

El origen de los ingresos, en el caso de una empresa, suelen proceder de la venta de bienes o la prestación de servicios. Sin embargo, otra fuente de ingresos son las rentas (obtenidas por inversiones), los subsidios gubernamentales, entre otros. Por otro lado, los egresos pueden ser de dos tipos. Primero, los gastos, que son aquellas salidas de dinero que suelen ser necesarias y habituales, como el pago de un alquiler o de los servicios. En segundo lugar, tenemos las inversiones, de las que sí se espera que generen un ingreso en un periodo posterior.

4.2. Política de Financiamiento

La política de financiamiento implica una elección entre el riesgo y el rendimiento esperado. En un modelo ideal, el activo corriente está siempre financiado por el pasivo corriente y el activo fijo, por el pasivo a largo plazo y el capital aportado por los dueños, por lo que el capital de trabajo neto es igual a cero, definiéndose éste como la capacidad que tiene una empresa de cubrir las obligaciones a corto plazo con su inversión corriente. En este modelo el activo fijo va creciendo a través del tiempo, siendo financiado por deudas a largo plazo y el capital aportado, mientras que el activo corriente se mueve (siempre igual al pasivo corriente) desde un máximo en el momento en que comienza la cosecha hasta cero, cuando termina la venta de la cosecha. El financiamiento a largo plazo cubre más del total de las necesidades de activos incluyendo los picos estacionales. La empresa tendrá exceso de efectivo disponible para ser invertido en valores a corto plazo fácilmente, por lo que mantendrá una política negociable, cuando esté fuera de los “picos” estacionales. Esta estrategia se considera una política flexible de financiamiento, porque implica una gran inversión en capital de trabajo neto y excesos crónicos de efectivo o de valores a corto plazo. Cuando el financiamiento a largo plazo solo cubre una parte de las necesidades del total de los activos, la empresa deberá pedir dinero prestado a corto plazo (al banco o a otro acreedor) para cubrir su restrictivo déficit. Esta estrategia se considera una política restrictiva de financiamiento. [7]

El financiamiento a largo plazo cubre la necesidad total de financiamiento de activos, ya que incluso financia los “picos” estacionales, mientras que en la política restrictiva no se utiliza el financiamiento a corto plazo para cubrir los “picos” y no hay inversiones en valores negociables. Para decidir cuál estrategia de financiamiento es la mejor, hay que observar las características particulares de la empresa, cuya estrategia se está decidiendo, para lo cual deben tenerse en cuenta la consideración siguiente: Reservas de efectivo: Una política de financiamiento flexible implica exceso de efectivo y poca solicitud de préstamos a corto plazo. Esta estrategia reduce la probabilidad de que la empresa sufra de angustia financiera, y que no tenga, por tanto, preocupación alguna en el pago de sus obligaciones a corto plazo, pero la inversión en efectivo y en valores negociables a corto plazo, tienen un valor actual neto (VAN) de cero en el mejor de los casos.

Se pueden encontrar diferentes tipos de financiamiento: subsidios, préstamos gubernamentales, refinanciación o aportes no reembolsables, entre otros.

El subsidio o incentivo gubernamental es una forma de ayuda o apoyo financiero que se extiende a un sector económico (organización o individuo) generalmente con el objetivo de promover determinadas políticas económicas y sociales. Puede tratarse de una prestación económica de una duración determinada en él o no.

El Estado ha proporcionado diversos subsidios económicos para ayudar a las personas y empresas afectadas por el aislamiento y la inmovilización social obligatoria dictados por la crisis del COVID-19.

Los préstamos gubernamentales son una ayuda financiera que el Gobierno ofrece. Los préstamos gubernamentales deben ser devueltos en pagos que a menudo tienen intereses. En Argentina la pandemia convirtió en urgencia la necesidad de financiamiento a tasas subsidiadas para casi todos los sectores de la economía. A medida que se fueron liberando las restricciones a

las distintas actividades, el Gobierno anunció el fin de la mayoría de estas líneas subsidiadas y mantuvo solo algunas, especialmente para los rubros más castigados por el parate económico que generó el COVID-19.

El refinanciamiento se da cuando una persona revisa las condiciones de su crédito y busca un nuevo acuerdo, ya sea en la tasa de interés, las fechas de pago u otros términos originales en los que se realizó. Las instituciones financieras ofrecen distintas formas para refinanciar un crédito, todo depende de cuál es el que mejor se adapta a tus necesidades. Por ejemplo, una medida fue la Comunicación A 6964 del Banco Central de la República Argentina que estableció un refinanciamiento y plan de pagos para los resúmenes de tarjetas de crédito bancarias para aquellos saldos de tarjetas de créditos que no hayan podido ser pagadas.

Los aportes no reembolsables financian proyectos a través de subvenciones que en algunos casos cubren un porcentaje del costo y en otros la totalidad.

5. RESULTADOS

5.1. Medidas para enfrentar la baja actividad

Para enfrentar la crisis del COVID-19 y la drástica caída de la actividad, los empresarios han adoptado una serie de medidas de gestión, apelando a todos los instrumentos disponibles para salvar las empresas. Entre estos instrumentos, el Gobierno Nacional, desplegó un conjunto de medidas para asistir a las empresas en este momento de crisis y que pudieran de este modo tener más posibilidades de hacer frente a sus obligaciones regulares. Entre estas medidas se incluyeron el “crédito blando”, transferencia directa para pago de salarios, reducción de contribuciones patronales y normativa especial para alcanzar acuerdos de suspensión acordes a las circunstancias de la crisis (en el marco de la Ley de Contrato de Trabajo).

Como se observa en el Gráfico 1, a pesar de la asistencia financiera del Gobierno (Programa ATP y garantías para el crédito al 24%), más del 70% de las MiPyME de cada sector debió acudir -de todas maneras-- a sus propias reservas para enfrentar la crisis.

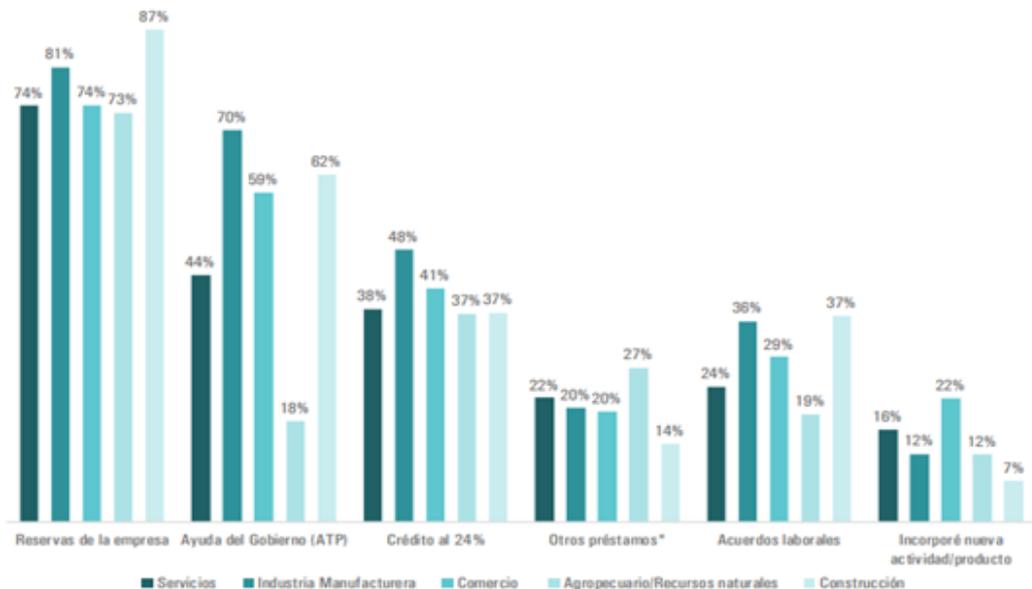


Figura 1. Medidas adoptadas por las firmas para enfrentar la baja actividad, por sector de actividad (% de empresas). Fuente: Coronavirus: Impacto sobre las PyME, producción y empleo – 4° Relevamiento. Fundación Observatorio PyME.

En cuanto a la utilización de los recursos puestos a disposición por el sector público nacional, las empresas de todos los sectores intentaron combinar, aunque en diferentes proporciones, la utilización del Programa ATP, el crédito garantizado al 24% y los acuerdos laborales. Las más activas fueron las empresas del sector manufacturero: el 70% de ellas utilizó el Programa ATP, el 48% el “crédito blando” y el 36% acuerdos con sus trabajadores. [8]

5.2. El acceso al crédito

El mencionado “crédito blando” se trata de una línea de financiamiento bancario a tasa preferencial del 24%, con un período de gracia de tres meses, destinada a financiar capital de trabajo. Adicionalmente, el Gobierno Nacional ha ofrecido garantías a través del FOGAR.

Transcurrido un mes desde el momento en que el BCRA liberó encajes y Leliq para créditos a empresas y familias, y 15 días desde que se amplió el Fondo de garantía (FOGAR) para favorecer

el acceso al crédito de las MiPyME, fue posible realizar una primera evaluación sobre el grado de interés de las empresas y el grado de acceso en caso de estar interesadas en este instrumento.

En base a dichas estadísticas, el conjunto de las MiPyME podía organizarse en cuatro grandes grupos en relación a este tipo especial de crédito bancario: Interesadas que accedieron al crédito (24%); Interesadas que estaban en proceso de análisis (25%); Interesadas que no lograron acceder (22%); Desinteresadas (29%). [8]

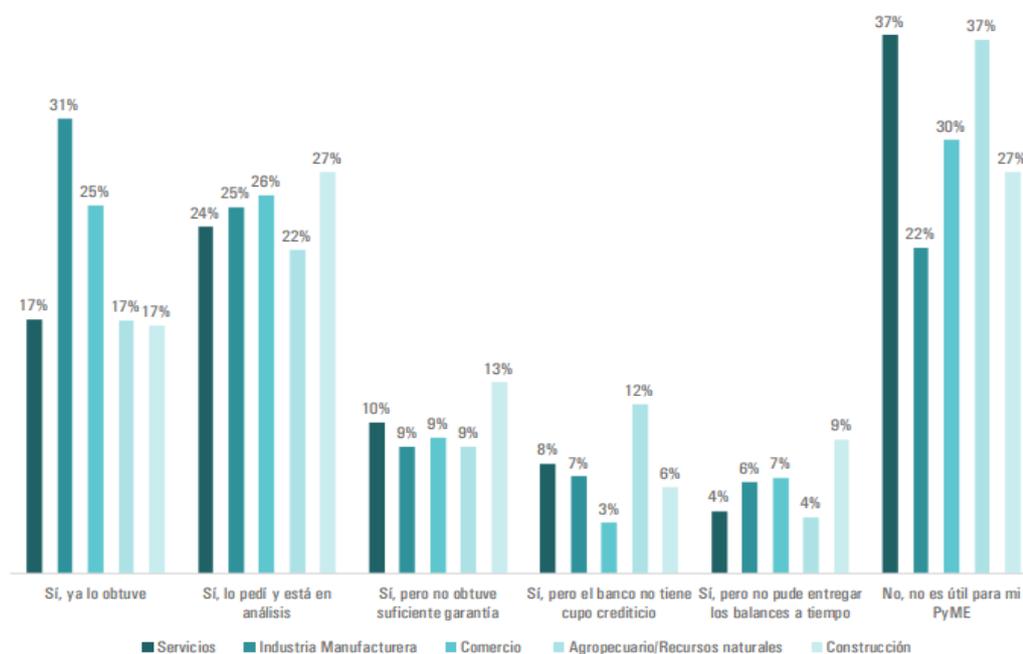


Figura 2. ¿Te interesa acceder al crédito al 24% para pagar los salarios? (% de empresas, por sector de actividad) Fuente: Coronavirus: Impacto sobre las PyME, producción y empleo – 3° Relevamiento. Fundación Observatorio PyME.

Las micro, pequeñas y medianas empresas manufactureras resultaban las más interesadas en este crédito y con mayor acceso (el 31% de ellas ya lo había obtenido hacia fines de abril y el 25% estaba bajo análisis).

La proporción de empresas interesadas pero que no lograron acceder (por insuficiente garantía, falta de cupo o problemas de gestión interna) es relativamente similar entre todos los sectores, aunque las firmas constructoras representaron las de mayores dificultades, con un 28% de ellas interesadas, pero sin acceso.

Tanto el sector primario como del conjunto de servicios (profesionales, personales, a la producción, etc.) mostraron la mayor difusión del desinterés (37% de sus empresas).

Este crédito ha continuado vigente, en agosto 2020 había sido otorgado a más de 100 mil empresas por más de 400 mil millones de pesos, según fuentes oficiales. [8]

5.3. Programa de Asistencia de Emergencia a la Producción y el Trabajo

Mediante el DNU 376 del 20 abril de este año (modificadorio y ampliatorio del DNU 332 del 1° de abril), se dispuso a nivel nacional el “Programa de Asistencia de Emergencia al Trabajo y la Producción” (ATP). Este programa fue diseñado especialmente para intentar sostener la liquidez de las empresas en lo que respecta el pago de salarios y contribuciones patronales, a través de transferencias directas del Gobierno Nacional (depositando en las cuentas de los trabajadores de las empresas beneficiarias parte de su salario) y postergación e, incluso, reducción de las contribuciones patronales en hasta un 95%.

La proactividad del Gobierno y las demandas del sector empresario lograron que el Programa ATP alcanzara tanto a las empresas no operativas como a las operativas, ya que ambas sufrieron la caída de la actividad. Así el 60% de las empresas, en promedio, habían logrado al menos uno de los beneficios del Programa ATP en la primera ronda del mismo. [8]

Como puede verse en el Gráfico 3, las empresas de los sectores de la construcción y de manufacturas fueron las que tuvieron un mayor acceso, tanto del componente de reducción de las contribuciones patronales como del salario complementario.

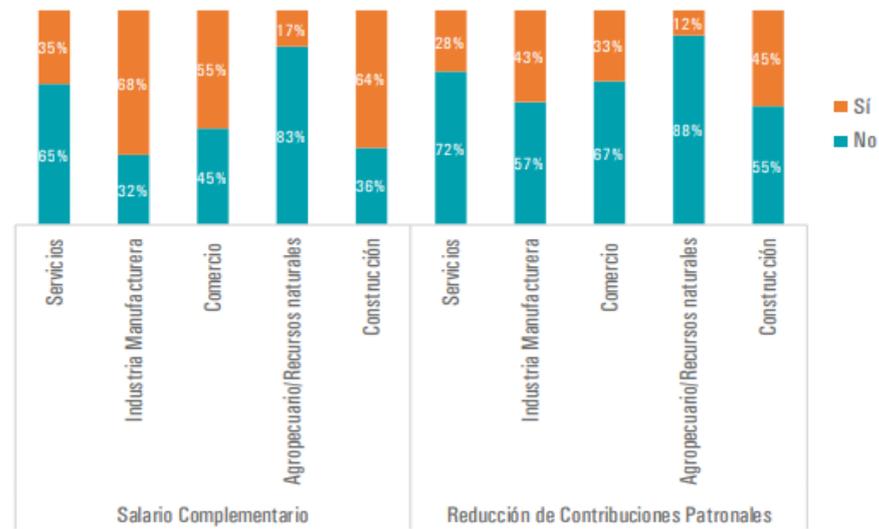


Figura 3. Acceso al Programa ATP, por instrumento y por sector. (% de empresas) Fuente: Coronavirus: Impacto sobre las PyME, producción y empleo – 4° Relevamiento. Fundación Observatorio PyME.

Este programa tuvo una etapa de ampliación, relajando el criterio de elegibilidad en lo concerniente a evolución de la facturación, actividades potencialmente beneficiarias y empresas nuevas. Luego, recientemente, fue modificándose de acuerdo a la reactivación en sucesivas fases de relajación del ASPO, focalizando y estableciendo distintos tipos de asistencia según desempeño.

5.4 La empresa

Print-Market S.R.L. es una empresa de la ciudad de La Plata con más de treinta años en el mercado que se dedica a la venta, mantenimiento y alquiler de Equipos de impresión, fotocopiado, escaneo, fax y equipos multifuncionales Todo-en-uno. Brinda asesoramiento en materia de impresión y hardware a todo tipo de organizaciones, ya sea que se precise una impresora para el hogar, o un equipo multifuncional para optimizar el rendimiento del negocio.

Cuentan con un departamento técnico especializado para así poder brindar servicios de manera personalizada y efectiva en caso de que los clientes necesiten insumos, reparación o mantenimiento de los artefactos. También disponen de vehículos para realizar la entrega de productos y realizar el servicio directamente en el domicilio.

La estructura organizacional de la empresa está conformada por 10 trabajadores:

- Un socio gerente.
- Un encargado.
- Un empleado de ventas.
- Cuatro empleados técnicos.
- Dos empleados administrativos.
- Un empleado de limpieza.

Los flujos de dinero de la empresa para los años 2019 y 2020 son los que se muestran en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Se sabe que por parte de la empresa no se solicitó ninguna medida de apoyo estatal, lo cual derivó que los saldos negativos importantes generados por los cambios en el consumo debido a la pandemia, fueron cubiertos con los ahorros del propio dueño de la empresa. Para el posterior análisis, no se incluyó en las tablas este ingreso para que se pueda visibilizar las pérdidas reales de la empresa.

Del diálogo con el socio gerente y del análisis de los cuadros se pudo obtener los siguientes datos:

- Los saldos acumulados del 2019 siempre dieron positivos mientras que en año siguiente se ve una caída hacia valores negativos poco después de comenzada la pandemia.
- Los aguinaldos en ambos años se pagaron en tiempo y forma
- En concepto de ingresos, en el 2019 los valores fluctuaron de forma similar a los años anteriores, cerrando el último trimestre con saldos favorables y mayores al primer trimestre. En tanto en el año siguiente, se nota una baja en los ingresos que no sigue la misma tendencia de los años

anteriores. La principal fuente de ingreso dejó de ser la venta de equipos y la empresa focalizó su estrategia en reforzar los trabajos de reparación y alquileres de equipos. El público cambió su manera de consumo y empezó a reparar más en vez de adquirir nuevos aparatos.

- Los insumos no variaron tanto, si bien en el 2020 se adquirieron menos cantidad de equipos para la venta de lo esperado, la inflación hizo que los costos se mantuvieran dentro del mismo rango, además que se adquirieron una mayor proporción de insumos para la reparación de equipos.

Tabla 1 Ingresos y egresos 2019.

MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos												
Venta, alquiler, reparac.	1.274.500	1.302.500	1.334.500	1.240.137	1.197.072	1.193.052	1.406.980	1.260.600	1.295.747	1.370.268	1.390.974	1.667.106
Egresos												
MP (equipos)	413.000	428.000	446.000	414.000	390.000	430.000	400.000	339.000	480.000	536.000	550.000	542.000
Insumos directos	97.800	99.200	103.200	101.700	100.200	103.400	102.800	102.300	115.000	119.400	124.000	126.000
Insumos indirectos	60.000	59.500	61.300	62.300	62.600	63.000	63.000	63.000	63.400	64.000	65.000	66.700
Mano de obra	582.000	582.000	582.000	582.000	582.000	582.000	873.000	582.000	582.000	582.000	582.000	873.000
Servicios y alquiler	37.000	37.000	37.500	38.200	38.800	39.000	40.000	40.800	41.500	42.000	42.700	42.900
TOTAL EGRESOS	1.189.800	1.205.700	1.230.000	1.198.200	1.173.600	1.217.400	1.478.800	1.127.100	1.281.900	1.343.400	1.363.700	1.650.600
SALDO	84.700	96.800	104.500	41.937	23.472	-24.348	-71.820	133.500	13.847	26.868	27.274	16.506
SALDO ACUMULADO	84.700	181.500	286.000	327.937	351.409	327.061	255.241	388.741	402.588	429.456	456.730	473.236

Tabla 2 Ingresos y egresos 2020.

2020												
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos												
Venta, alquiler, reparac.	1.435.210	1.537.380	1.514.157	890.800	929.890	982.700	1.011.500	1.074.000	1.262.000	1.315.000	1.415.500	1.623.370
Egresos												
MP (equipos)	553.000	560.000	552.000	410.000	330.000	315.000	290.000	310.000	339.000	350.000	360.000	380.000
Insumos directos	131.000	133.000	132.800	133.400	135.300	140.690	149.720	172.470	187.005	203.400	205.700	209.900
Insumos indirectos	67.000	67.000	67.000	63.000	61.800	63.200	67.900	72.800	78.300	83.600	87.600	91.000
Mano de obra	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000
Servicios y alquiler	43.000	43.500	43.300	43.000	43.000	43.500	43.500	44.000	44.800	45.000	45.000	45.600
TOTAL EGRESOS	1.414.000	1.423.500	1.415.100	1.269.400	1.190.100	1.182.390	1.481.120	1.219.270	1.269.105	1.302.000	1.318.300	1.656.500
SALDO	21.210	113.880	99.057	-378.600	-260.210	-199.690	-469.620	-145.270	-7.105	13.000	97.200	-33.130
SALDO ACUMULADO	21.210	135.090	234.147	-144.453	-404.663	-604.353	-1.073.973	-1.219.243	-1.226.348	-1.213.348	-1.116.148	-1.149.278

5.5 Análisis del cuadro de ingresos y egresos con la incorporación de los programas económicos.

A continuación, se analiza como hubiesen impactado en el cuadro de ingresos y egresos los diferentes programas económicos actuando por separado o en conjunto.

5.5.1 ATP - Asignación compensatoria del salario

Para la inclusión de los valores en la tabla, se tuvo en cuenta que el programa financió para cada grupo de salarios los siguientes valores hasta el mes de octubre, en el cual el salario Mínimo, Vital y Móvil era de \$16.875:

- Para salarios menores a \$16.875 se otorgó hasta el 100% del mismo.
- Para salarios entre \$16.875 y \$33.750 se otorgó entre un 50% y 100% del salario.
- Para salarios entre \$33.750 y \$67.500 se otorgó una cobertura del 50%.
- Para salarios mayores a \$67.500 se otorgó una cobertura de \$33.750 como máximo.

Y para los meses siguientes, el salario Mínimo, Vital y Móvil ascendió a \$18.900 por lo cual los rangos salariales cubiertos quedaron de la siguiente forma:

- Para salarios menores a \$18.900 se otorgó hasta el 100% del mismo.
- Para salarios entre \$18.900 y \$37.800 se otorgó entre un 50% y 100% del salario.
- Para salarios entre \$37.800 y \$75.600 se otorgó una cobertura del 50%.
- Para salarios mayores a \$75.600 se otorgó una cobertura de \$37.800 como máximo.

De los 10 trabajadores que conforman la organización, 9 están en el tercer rango salarial, es decir, el programa les brinda una cobertura del 50%. El restante trabajador, está en el último rango salarial, por lo tanto, tendrán una cobertura de \$37.800.

A continuación, se presenta la tabla de ingresos y egresos con la inclusión del programa ATP.

Tabla 3 Inclusión del ATP al cuadro de ingresos y egresos.

2020												
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos												
Venta, alquiler, reparac.	1.435.210	1.537.380	1.514.157	890.800	929.890	982.700	1.011.500	1.074.000	1.262.000	1.315.000	1.415.500	1.623.370
ATP	-	-	-	297.500	297.500	297.500	297.500	297.500	-	-	-	-
MP (equipos)	553.000	560.000	552.000	410.000	330.000	315.000	290.000	310.000	339.000	350.000	360.000	380.000
Insumos directos	131.000	133.000	132.800	133.400	135.300	140.690	149.720	172.470	187.005	203.400	205.700	209.900
Insumos indirectos	67.000	67.000	67.000	63.000	61.800	63.200	67.900	72.800	78.300	83.600	87.600	91.000
MO directa	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000
Servicios y alquiler	43.000	43.500	43.300	43.000	43.000	43.500	43.500	44.000	44.800	45.000	45.000	45.600
TOTAL EGRESOS	1.414.000	1.423.500	1.415.100	1.269.400	1.190.100	1.182.390	1.481.120	1.219.270	1.269.105	1.302.000	1.318.300	1.656.500
SALDO	21.210	113.880	99.057	-81.100	37.290	97.810	-172.120	152.230	-7.105	13.000	97.200	-33.130
SALDO ACUMULADO	21.210	135.090	234.147	153.047	190.337	288.147	116.027	268.257	261.152	274.152	371.352	338.222

Para que se vea de manera más gráfica los resultados se presenta el siguiente gráfico de barras donde se puede apreciar los flujos mensuales y los resultados de la incorporación de dicho programa.

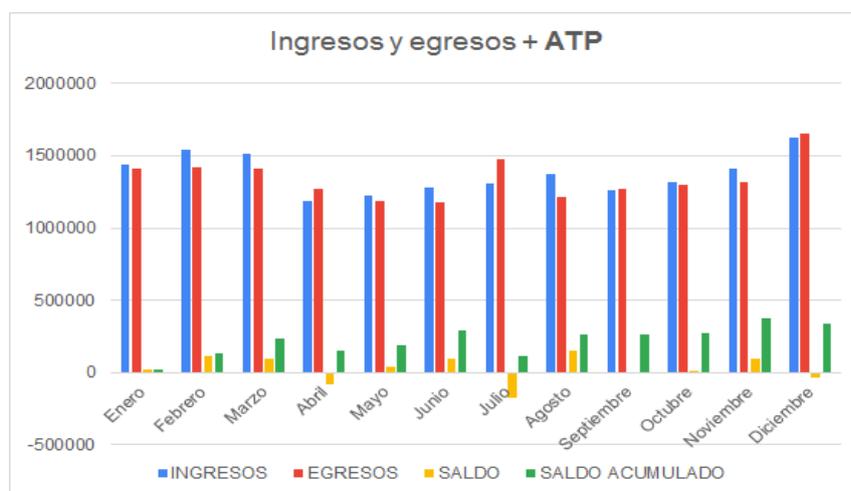


Figura 4. Inclusión del ATP al cuadro de ingresos y egresos. Fuente propia.

5.5.2 Créditos para el pago de sueldos

Para la inclusión de los valores en la tabla, se tuvo en cuenta que el programa consistió en que los bancos que sean agentes de pagos de salarios ofrecieron préstamos a PyMEs para el pago de sueldos a tasa fija del 24% por un año, con un periodo de gracia de tres meses.

El programa se extendió entre el 30 de marzo y el 30 de junio. Pudiendo financiar hasta el 100% de la masa salarial.

Tabla 4 Inclusión del crédito para el pago de sueldos al cuadro de ingresos y egresos.

2020												
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos												
Venta, alquiler, reparac.	1.435.210	1.537.380	1.514.157	890.800	929.890	982.700	1.011.500	1.074.000	1.262.000	1.315.000	1.415.500	1.623.370
Crédito	-	-	-	620.000	620.000	620.000	-	-	-	-	-	-
Egreso												
MP (equipos)	553.000	560.000	552.000	410.000	330.000	315.000	290.000	310.000	339.000	350.000	360.000	380.000
Insumos directos	131.000	133.000	132.800	133.400	135.300	140.690	149.720	172.470	187.005	203.400	205.700	209.900
Insumos indirectos	67.000	67.000	67.000	63.000	61.800	63.200	67.900	72.800	78.300	83.600	87.600	91.000
Mano de Obra	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000
Servicios y alquiler	43.000	43.500	43.300	43.000	43.000	43.500	43.500	44.000	44.800	45.000	45.000	45.600
Pago de crédito	-	-	-	-	-	-	-	64.066	128.132	192.198	192.198	192.198
TOTAL EGRESOS	1.414.000	1.423.500	1.415.100	1.269.400	1.190.100	1.182.390	1.481.120	1.283.336	1.397.237	1.494.198	1.510.498	1.848.698
SALDO	21.210	113.880	719.057	241.400	359.790	420.310	-469.620	-209.336	-135.237	-179.198	-94.998	-225.328
SALDO ACUMULADO	21.210	135.090	854.147	1.095.547	1.455.337	1.875.647	1.406.027	1.196.691	1.061.454	882.256	787.258	561.930

De la misma manera que el programa anterior, se presentan los resultados a través de un gráfico de barras.

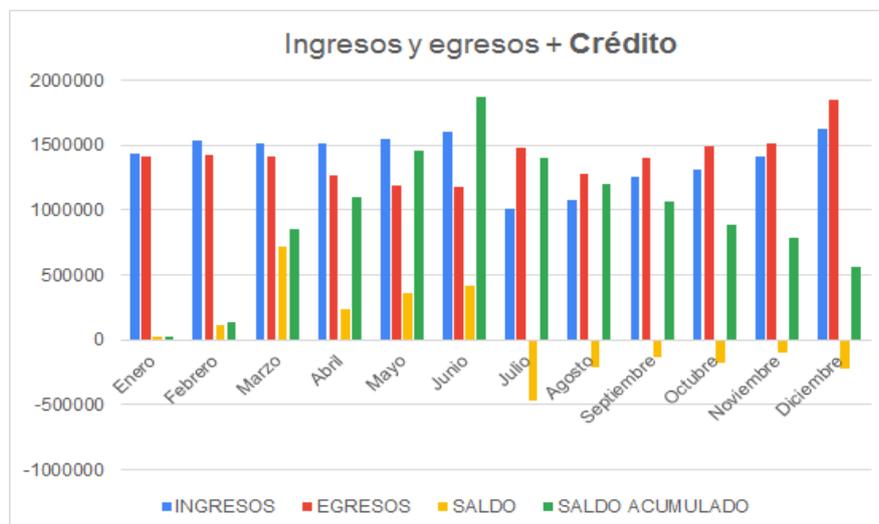


Figura 5 Inclusión del crédito para el pago de sueldos al cuadro de ingresos y egresos. Fuente propia.

5.5.3 COVID-19 - Tarjetas de crédito - Refinanciación

Para la inclusión de los valores en la tabla, se tuvo en cuenta que este programa estuvo habilitado para los meses de abril y septiembre, se analizó para esta empresa particular la compra de los equipos con tarjetas de crédito con un máximo de \$400.000 en dichos meses. Se restó al valor real de los egresos por equipo en dichos meses y se refleja el egreso en el pago de las cuotas del crédito tomado.

La refinanciación de abril 2020 tuvo las siguientes condiciones:

- Se tuvo un período de gracia durante los 3 primeros meses.
- El saldo del resumen se dividió en 9 cuotas iguales y consecutivas.
- La tasa máxima anual fue del 43%.

La refinanciación del mes de septiembre de 2020 tuvo las siguientes condiciones:

- Se tuvo un período de gracia durante los 3 primeros meses.
- El saldo del resumen se dividió en 9 cuotas iguales y consecutivas.
- La tasa máxima anual fue del 40%.

Tabla 5 Inclusión de programa de refinanciación al cuadro de ingresos y egresos.

2020												
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos												
Venta, alquiler, reparac.	1.435.210	1.537.380	1.514.157	890.800	929.890	982.700	1.011.500	1.074.000	1.262.000	1.315.000	1.415.500	1.623.370
Egresos												
MP (equipos)	553.000	560.000	552.000	10.000	330.000	315.000	290.000	310.000	-	350.000	360.000	380.000
Insumos directos	131.000	133.000	132.800	133.400	135.300	140.690	149.720	172.470	187.005	203.400	205.700	209.900
Insumos indirectos	67.000	67.000	67.000	63.000	61.800	63.200	67.900	72.800	78.300	83.600	87.600	91.000
Mano de obra	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000	620.000	620.000	620.000	620.000	930.000
Servicios y alquiler	43.000	43.500	43.300	43.000	43.000	43.500	43.500	44.000	44.800	45.000	45.000	45.600
Pago de credito	-	-	-	-	-	-	-	63.555	63.555	63.555	63.555	63.555
TOTAL EGRESOS	1.414.000	1.423.500	1.415.100	869.400	1.190.100	1.182.390	1.481.120	1.282.825	993.660	1.365.555	1.381.855	1.656.500
SALDO	21.210	113.880	99.057	21.400	-260.210	-199.690	-469.620	-208.825	268.340	-50.555	33.645	-33.130
SALDO ACUMULADO	21.210	135.090	234.147	255.547	-4.663	-204.353	-673.973	-882.798	-614.458	-665.013	-631.368	-664.498

Se presentan los números de la tabla de manera visual a través del siguiente gráfico.

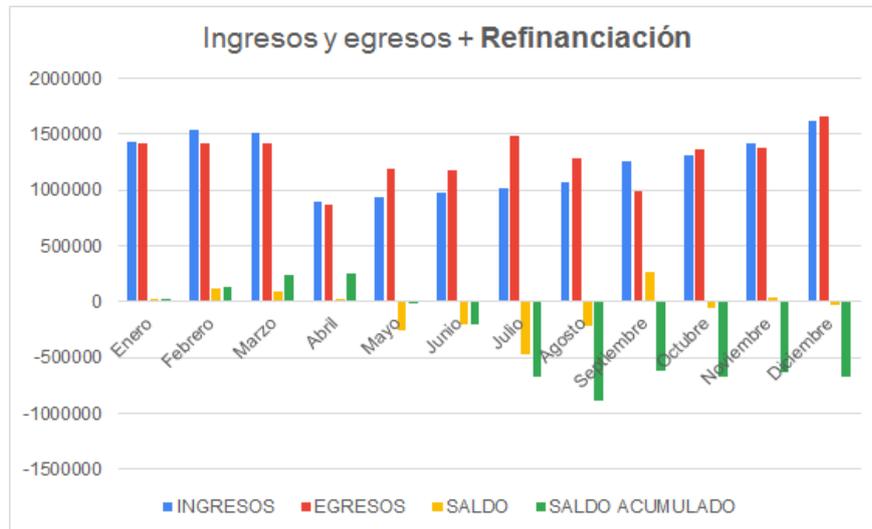


Figura 6 Inclusión de la refinanciación al cuadro de ingresos y egresos. Fuente propia.

5.6. Análisis de los datos obtenidos

Tal como exponen las tablas y se puede visibilizar en el Gráfico 4 a continuación, se analiza que con la incorporación de la asistencia del salario durante los primeros 5 meses de la pandemia en Argentina, la empresa hubiese solventado los costos sin tener la necesidad de cubrirlos con ahorros propios. Se puede observar también en el gráfico cierta estabilidad de los saldos acumulados alrededor del mismo rango de valores positivos, es decir sin sobresaltos ya sea disminuyendo o aumentando dichos valores.

Por otro lado, con el programa de crédito para el pago de sueldos se observa que, si la empresa hubiese accedido a este programa, los saldos acumulados del año serían positivos y al parecer mucho más altos que con el programa de asistencia para el pago de salarios y por lo tanto no habría sido necesario el pago de deudas con ahorros propios. Lo que hay que tener en cuenta y se observa también, es que, a partir del pago del crédito, los saldos acumulados empiezan a disminuir, lo que hace suponer que en el próximo año podrían ser negativos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en 2021 hubo una mayor actividad económica y por ende un aumento en los ingresos lo que permitiría poder cubrir los costos sin incurrir en saldos negativos.

Por último, con el programa de refinanciación de las tarjetas de crédito se observa que se registran saldos negativos importantes, por lo tanto, hubiese sido necesario incurrir en los ahorros propios del dueño para solventar los costos.

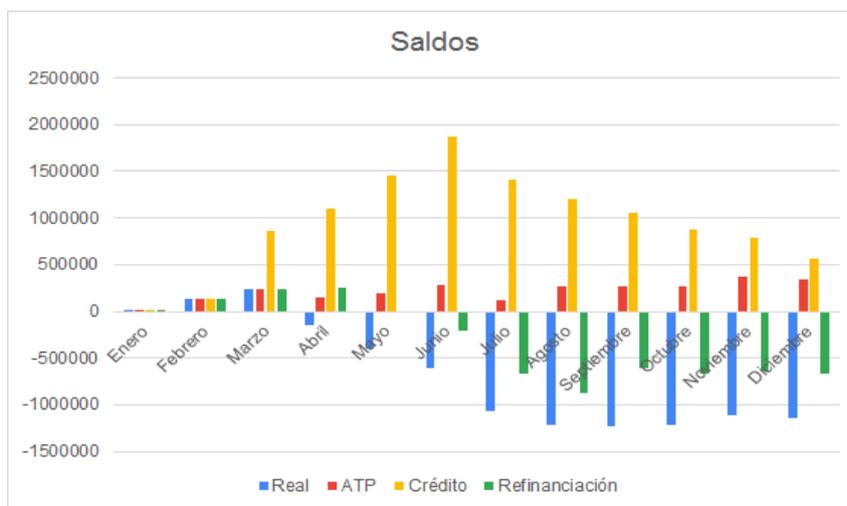


Figura 7 Comparación de saldos acumulados de los 3 programas de asistencia. Fuente propia.

6. CONCLUSIONES

En un contexto de pandemia, la crisis económica del país hizo que las pymes sientan fuertemente su el impacto económico.

Más del 70% de las MiPyME de cada sector debió acudir, a pesar de las asistencias ofrecidas, a sus propias reservas para enfrentar la crisis.

Las empresas del sector manufacturero fueron las más activas, el 70% de ellas utilizó el Programa ATP, el 48% el “crédito blando” y el 36% acuerdos con sus trabajadores.

Las micro, pequeñas y medianas empresas manufactureras resultaban las más interesadas en la línea de financiamiento bancario “crédito blando” a tasa preferencial del 24%. El sector primario como del conjunto de servicios mostraron la mayor difusión del desinterés en el mismo.

Respecto al “Programa de Asistencia de Emergencia al Trabajo y la Producción” (ATP), las empresas de los sectores de la construcción y de manufacturas fueron las que tuvieron un mayor acceso, tanto del componente de reducción de las contribuciones patronales como del salario complementario.

El desarrollo del estudio realizado en la empresa permitió identificar que es necesario la generación de programas económicos de apoyo a las pymes que permitan transitar periodos económicos críticos, como el que generó la pandemia.

En particular, con el estudio realizado se identificó a qué programas podría haber accedido la empresa para mejorar su rendimiento económico a lo largo de la crisis generada por la pandemia. Se analiza que el programa óptimo hubiese sido el de la asistencia al salario, dado que le permitiría alcanzar un saldo acumulado positivo sin tener que incurrir en el pago de cuotas mensuales para su devolución, ya que este fue un subsidio por parte del estado. En tanto el programa menos beneficioso hubiese sido el de refinanciación de las tarjetas de crédito, dado que, además de tener que pagar la refinanciación con intereses, los saldos acumulados negativos registrados seguían siendo importantes.

7. REFERENCIAS

- [1] Aguirre Sábada, Alfredo, 1992. Fundamentos de Economía y Administración de Empresas. Ediciones Pirámide, S.A. Pág.401
- [2] Weston t . Copeland 1994 “Finanzas en Administración” MC Graw Hill
- [3] Aswath Damodaran “El pequeño libro de la valoración de empresas” Ed. Deusto
- [4] Juan Mascareñas Perez Iñigo 2004 “Finanzas Corporativas Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión”
- [5] Mary A. Vera Colina. agosto de 2010 “Finanzas Corporativas” Bogotá, Colombia
- [6] Dumrauf Guillermo L. 2003 “Finanzas corporativas” Grupo Guía S.A.
- [7] Brealey R., 1995 Fundamentos de Financiación Empresarial/ R Brealey, S. Myers-EE.UU.: Mc Graw, Hill.,-1075p.
- [8] Fundación Observatorio Pymes “Coronavirus: Impacto sobre las PyME, producción y empleo. Análisis sectorial” www.observatoriopyme.org.ar
- [9]<https://www.infobae.com/opinion/2020/12/30/desafio-mipyme-2021-cierran-el-73-del-total-y-se-pierden-140000-empleos-en-2020/>
- [10] <https://www.argentina.gob.ar/produccion/medidas-pymes-covid/atp>
- [11] <https://www.argentina.gob.ar/produccion/medidas-pymes-covid/creditos-pago-sueldos>
- [12]<https://www.argentina.gob.ar/justicia/derechofacil/leysimple/covid-19-tarjetas-de-credito-refinanciacion>

Los aspectos fiscales de la minería metálica en Santa Cruz

Rubén Mario Lurbé

UNPA – UARG – ITET y UTN – FRSC
mlurbe@uarg.unpa.edu.ar ruben.lurbe@frsc.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo analiza los aspectos fiscales de la minería metálica en la provincia de Santa Cruz, evaluando los aportes de la minería al presupuesto provincial y también su impacto en las municipalidades involucradas en las cercanías del Macizo del Deseado.

Se analizan también la estructura del gasto de la provincia y de los municipios, en este último caso se toma como ejemplo a la localidad de Puerto San Julián.

La característica de finitud temporal de la explotación minera hace que preocupe su impacto en el sostenimiento del empleo, dado que la minería de oro y plata es una importante parte de la generación de empleo privado en Santa Cruz.

En la discusión se analizan aspectos que podrían dar sostenibilidad a la minería metálica y mejorar su impacto en el desarrollo futuro de la provincia.

Palabras claves: Santa Cruz, Minería metálica, Presupuestos, Fiscalidad, Sostenibilidad.

ABSTRACT

This article analyzes the fiscal aspects of metalliferous mining in the province of Santa Cruz, evaluating the contributions of mining to the provincial budget and also its impacts on the municipalities involved in the vicinity of the Deseado Massif.

The spending structure of the province and the municipalities is also analyzed, in the latter case the town of Puerto San Julián is taken as an example.

The characteristic of temporary finiteness of the mining exploitation causes concern about its impact on the maintenance of employment, since gold and silver mining is an important part of the generation of private employment in Santa Cruz.

In the discussion, aspects that could give sustainability to metalliferous mining and improve its impact on the future development of the province are analyzed.

Key words: Santa Cruz, Metalliferous mining, Budgets, Taxation, Sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza los aspectos laborales de la minería metálfera en la provincia de Santa Cruz, evaluando los aportes de la minería al empleo registrado y las posibilidades de crecimiento del mismo.

La característica de finitud temporal de la explotación minera hace que preocupe su impacto en el sostenimiento del empleo, dado que la minería de oro y plata es una importante parte de la generación de empleo privado en Santa Cruz. Veremos su evolución en el tiempo.

2. OBJETIVOS Y MÉTODOS

El presente trabajo tiene por objetivos analizar los impactos fiscales de la minería metálfera en la provincia de Santa Cruz, su incidencia en las economías de los municipios cercanos a las explotaciones mineras y en el presupuesto provincial, y a proponer acciones que permitan, a pesar de la finitud de las explotaciones, mantener el empleo en el sector.

2.1 Métodos

El trabajo se realiza analizando información publicada sobre las características de la minería metálfera en Santa Cruz y en el país, sus aportes a la economía del país y de la provincia, y del análisis de los presupuestos provinciales y del presupuesto de la municipalidad de Puerto San Julián.

3. EL CONTEXTO

3.1. El contexto geográfico

La minería metálfera en Santa Cruz tiene desarrollo en la zona geológica denominada Macizo del Deseado, en el que hay yacimientos de oro y plata, en distintas proporciones, que han dado lugar la aparición de una minería metálfera que comenzó con la explotación del yacimiento Cerro Vanguardia, el que estableció su base en la localidad de puerto San Julián.

Con el tiempo han comenzado a desarrollarse tareas de investigación geológica, impulsadas por la provincia de Santa Cruz, que ha generado una empresa minera, Fomicruz S.E. que ha desarrollado un sistema de asociación con el capital privado para poner en producción los yacimientos.

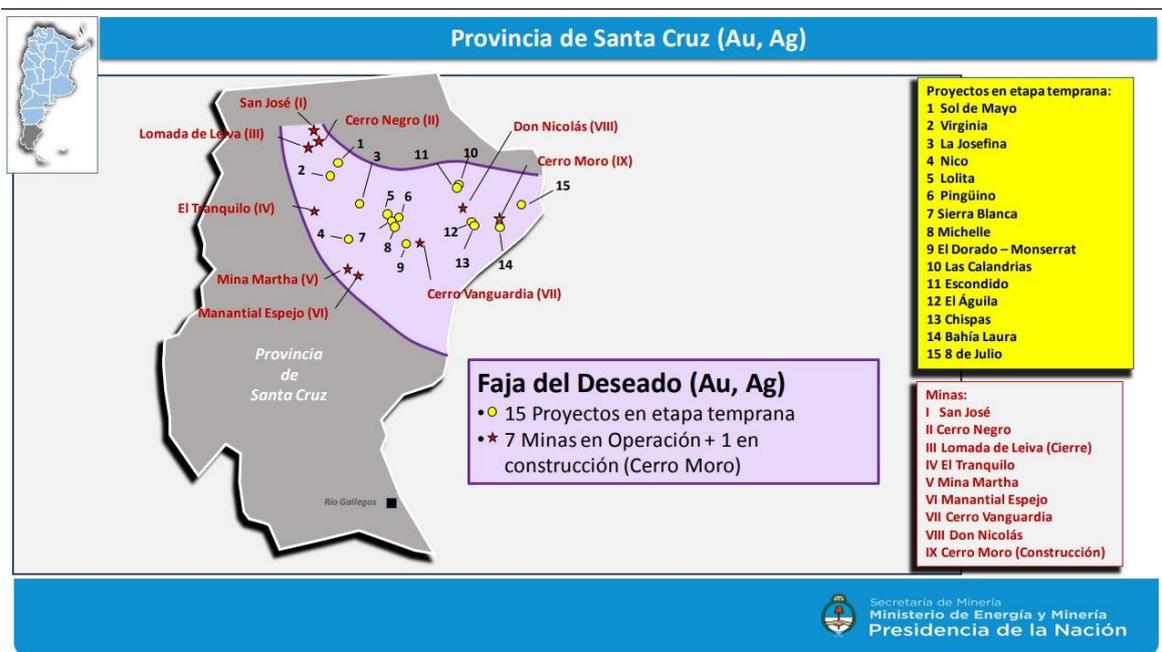


Figura 1 Distribución de los yacimientos de Oro y Plata en Santa Cruz. [1]

Como se ve en la figura 1, la llamada Faja del Deseado, forma parte del Macizo del Deseado y se ubica en la zona centro norte de la provincia de Santa Cruz, las localidades cercanas, sobre las que impacta la actividad de la minería metálfera son:

Puerto Deseado, ubicado sobre la margen norte de la ría del Río homónimo, la ciudad por su condición de portuaria fu la cuna del desarrollo pesquero santacruceños desde los años 70, cuando comenzó a dejar atrás su perfil ganadero.

Puerto San Julián, sobre la bahía del mismo nombre, es una localidad de histórico perfil ganadero que paso a ser la cuna de la minería Santacruceña pues desde allí se gestionó y desarrolló cerro vanguardia, la localidad tenía antes de la aparición de la minería de oro y plata cierta experiencia minera asociada a la explotación de caolín.

Gobernador Gregores, la ciudad del centro de la provincia de Santa Cruz, es cercana a las minas de Manantial Espejo y Mina Martha, también de características de localidad ganadera, hasta la aparición de la minería en las cercanías.

Perito Moreno; localidad del noroeste de la provincia, cercana a las nacientes del Río Deseado, comunidad de génesis ganadera, con cierta influencia de la actividad turística por su cercanía a Los Antiguos y a la Cueva de la Manos, marca el límite oeste de la Faja del Deseado.

También están cercanas a la zona, al norte de la misma, las localidades de Pico Truncado y Las Heras, también ambas de origen agropecuario pero que hace ya décadas que son asiento de actividades ligadas a la industria del gas y petróleo.

3.2. El contexto histórico

La minería en la provincia de Santa Cruz llegó justo en medio de una crisis ganadera producida por la erupción del volcán Hudson, y aparece como sustitución de empleos en la zona centro de la provincia, la más afectada por la crisis mencionada, esto genera al principio un alto grado de aceptación por parte de la población local.

“Lo cierto es que el marco legal minero de Santa Cruz generó condiciones para el avance de la actividad sobre la Meseta Central y la idea del espacio improductivo y desértico justificó dicho avance. La provincia de Santa Cruz adhirió a lo establecido en la reforma legal nacional de los años noventa (Ley 2332/1993), introduciendo restricciones espaciales desde el año 2002 que derivaron en la creación de un «Área de Interés Especial Minero» (Ley 3.105/2009 reglamentada por el decreto 1.327/2012).”
[2]

Este marco legal generó una fuerte corriente de inversiones de exploración en la zona de interés que fue generando proyectos de mina y que a principios de la década de 2010 tenía los siguientes proyectos en explotación y exploración.

A principios de la década, la provincia contaba con los siguientes proyectos, según Lurbé [3]:

Cerro Vanguardia, está ubicada en el centro-este de la meseta de Santa Cruz, y es la más cercana al Puerto San Julián, distante a 150 km del yacimiento.

Es una mina de oro y plata a cielo abierto con utilización de cianuro. Se comenzó a construir en 1997 y la extracción se inició un año después. Según se prevé actualmente, su vida útil se extenderá hasta 2027. La mina comprende 514 km² y es la principal fuente de extracción de metales preciosos del país. Es propiedad de Anglo Gold Ashanti (consorcio británico y sudafricano), con participación minoritaria del Estado provincial. Merece destacarse que, a la fecha y desde hace casi un año, la empresa realiza explotación subterránea, además de superficial, incorporando tecnologías de recuperación de mineral de los estériles que le permiten alargar la vida del emprendimiento.

Manantial Espejo, yacimiento minero de oro y plata propiedad de Minera Tritón Argentina SA, cuyas acciones están 100% en manos de Pan American Silver Corp. (de capitales canadienses). La mina se encuentra ubicada también en la meseta de Santa Cruz, al oeste de San Julián, sobre la ruta 25 y a 50 km al este de Gobernador Gregores. Desde el año 1993 se estuvieron realizando tareas de prospección y exploración y para marzo de 2006 ya estaba terminado el estudio de factibilidad final. De acuerdo con estas evaluaciones y aprobado ya el estudio de impacto ambiental, se preveía el inicio de la extracción para el año 2008. En enero de 2009 se anunció el comienzo de la producción de bullón doré. Los estudios determinaron que las reservas serían de unas 4.000 toneladas de concentrados, pudiéndose obtener 264 gramos de plata por tonelada y 4,5 gramos de oro. Al igual que en muchos otros emprendimientos, la metodología a utilizar es la extracción a cielo abierto y posterior lixiviación con cianuro.

San José-Huevos Verdes, es un emprendimiento minero de oro y plata propiedad de Minera Santa Cruz SA, empresa integrada con capitales de Minera Andes (canadiense) y Hoschschild y Cía. SA (peruana). Está ubicado en el noroeste de la Provincia de Santa Cruz, a 120 km al oeste de Las Heras y a unos 50 km al este de Perito Moreno. Está prevista una extracción anual de 61.000 onzas de oro y de 3.400.000 onzas de plata. Las 750 toneladas diarias de material serán tratadas por el método de lixiviación con cianuro de sodio para la separación del oro y la plata. Se encuentra peligrosamente cerca de la confluencia de los ríos Pintura y Deseado, en el primero de los cuales se hallan las Cuevas de las Manos, declaradas Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.

Mina Martha: este emprendimiento se encuentra ubicado en la región del centro santacruceño, en plena meseta, cerca de la localidad de Gobernador Gregores. Actualmente está en plena etapa de explotación de plata y subsidiariamente de oro,

cuya presencia es notablemente menor. En la Argentina, la compañía minera Polimet SA es la encargada de representar los intereses de Coeur d’Alene Mines Corporation (“Coeur”), minera estadounidense que explota el yacimiento.

Lomada de Leiva, según declaraciones del gerente de Patagonia Gold, Diego Bauret, a La Opinión Austral (18/07/12), a fines de 2012 entrará en producción el yacimiento de oro, ubicado a 45 km de Perito Moreno. La primera etapa del proyecto Lomada consiste en la construcción de una plataforma para la prueba metalúrgica de lixiviación en pilas de 50.000 toneladas, que, sobre la base de una recuperación del 70%, se estima que rendirá aproximadamente 2.200 onzas de oro para la primera pila de 6 metros. Se intentará obtener 20.000 onzas de oro al año y, con esta escala, se calcula una vida útil de 5 años. La empresa prevé que en el marco coyuntural del precio actual del oro –año 2012– obtendrá financiamiento directo para el resto de los yacimientos que se encuentran en la zona. Su construcción comenzó a fines de septiembre de 2010.

Al año 2019 los proyectos en Santa Cruz son los siguientes, según el Ministerio de Energía y Minería de la Nación:

Provincia de Santa Cruz (Au, Ag)							
Proyecto	Commodity	Tipo yacimiento	Faja Metalogénica	Edad	Estilo Alteración	Leyes	
Faja Del Deseado (Au, Ag) Incluye: 7 minas en operación: San José, Cerro Negro, El Tranquilo, Mina Martha, Manantial Espejo, Cerro Vanguardia, Don Nicolás y una mina en construcción: Cerro Moro	Sol de Mayo	Au-Ag	Epit Baja Sulf	Faja del Deseado	Jur-Cret	Sil, Kaol	Au: <1 g/t
	Bahía Laura	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		
	El Águila	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		
	Pingüino	Ag-Au	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Ag: 65,3-103,4 g/t; Au: 0,58-0,66 g/t
	Las Calandrias	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Kaol	Au: 2,1-78 g/t; Ag: 39-102 g/t
	Michelle	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		Au: 1 g/t (5 g/t); Ag: 30 g/t (1.460 g/t)
	Chispas	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil	Au: 2,61-21,5 g/t; Ag: 2,6-650 g/t
	Escondido	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		Au: 0,4-2,45 g/t; Ag: 2,46-12,19 g/t
	La Josefina	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg, Ser	Au: 1,39 g/t (Máx: 90 g/t Au)
	Dorado Monserrat	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg, Prop	Au: 6,2 g/t; Ag: 133 g/t
	8 de Julio	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Au: <12 g/t
	Virgínia	Ag	Epit Interm Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Ag: 50-1.084 g/t
	Nico	Au-Ag	Epit Interm Sulf		Jur-Cret	Sil, Arg	Au: 0,5-35,09 g/t; Ag: 30-900 g/t
	Sierra Blanca	Au-Ag	Epit Baja Sulf		Jur-Cret		Au: 2,2-9,5 g/t; Ag: 101-635 g/t
Lolita	Au-Ag	Epit Baja Sulf	Jur-Cret	Sil	Hg: 62.879 ppb; As: 2.827 ppm; Sb: 256 ppm		

Figura 2 Proyectos en Santa Cruz año 2019 [4]

Esta última información pone de manifiesto el crecimiento de la actividad minera de oro y plata en la provincia de Santa Cruz.

4. IMPACTO FISCAL DE LA MINERÍA

4.1 Impactos directos

Una primera mirada para ver la importancia fiscal de la recaudación a través del control de la Secretaría de Estado de Minería de la provincia de Santa Cruz.

Para poder realizar comparaciones interanuales la presentamos en dólares norteamericanos, según el promedio anual de la publicación del BCRA en la Tabla 1, de elaboración propia con datos de la Secretaría de Estado de Minería de la provincia y del BCRA.

Se destaca en la figura 3, que grafica los datos de la Tabla 1, el sostenido crecimiento de la recaudación, fruto del aumento de la producción e influenciado por las variaciones de los precios del mercado de oro y plata que son de alta volatilidad.

Tabla 1 Ingresos mineros de la Provincia de Santa Cruz (USD)

AÑO	TASAS ADM.	CANON CATEO	CANON MINERO	REGALIAS	MULTAS	REINTEGROS	TOTAL
2006	28.830,46	155.822,31	669.501,97	2.040.786,23	4.406,49	0,00	2.899.347,46
2007	24.923,16	161.975,22	1.165.417,42	2.301.069,60	1.232,51	160,48	3.654.778,39
2008	37.497,50	200.986,90	946.883,98	4.473.587,41	22.135,76	11.988,36	5.693.079,91
2009	71.251,12	76.110,56	740.609,69	6.543.841,33	2.788,13	0,00	7.434.600,83
2010	122.527,74	86.180,90	823.815,21	8.468.188,63	3.179,39	0,00	9.503.891,86
2011	129.811,09	131.167,98	669.206,09	13.365.613,56	15.059,80	0,00	14.310.858,52
2012	120.095,40	62.353,07	731.442,38	21.361.254,85	2.109,19	0,00	22.277.254,90
2013	341.275,97	3.650,37	668.030,08	14.975.588,64	134,33	0,00	15.988.679,39
2014	258.714,05	3.498,05	454.919,69	17.285.217,45	5.173,18	0,00	18.007.522,42
2015	247.019,98	25.914,62	1.443.352,72	27.929.943,08	215,78	0,00	29.646.446,17
2016	164.857,29	40.390,68	1.173.450,13	33.192.750,40	1.082,59	0,00	34.572.531,08
2017	283.351,00	16.961,94	887.172,55	31.719.400,39	15.573,60	0,00	32.922.459,47
2018	124.012,80	13.463,52	709.544,17	36.372.384,54	28.476,14	0,00	37.247.881,17
TOTAL	1.954.167,55	978.476,12	11.083.346,07	220.029.626,10	101.566,89	12.148,84	234.159.331,58

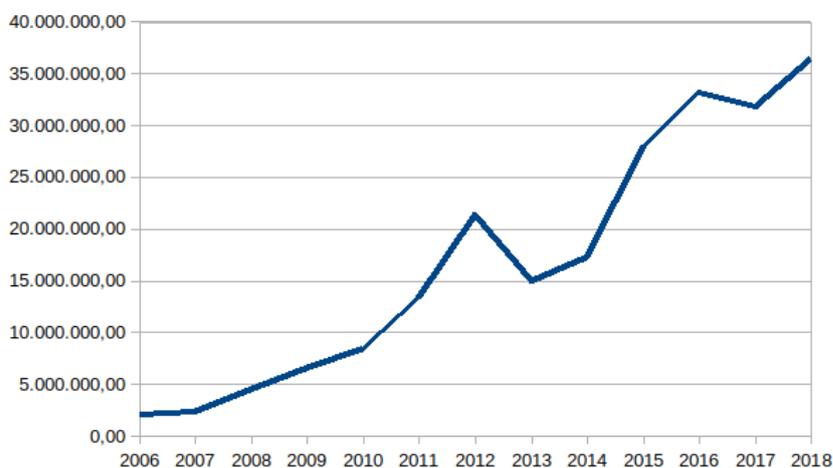


Figura 3 Variación temporal de los ingresos mineros de la Provincia de Santa Cruz

Merece destacarse el sostenido crecimiento de la recaudación, la que es un indicador directo del incremento de la actividad minera en la zona

4.2 Análisis de los ingresos de la provincia de Santa Cruz

A los efectos de analizar la importancia fiscal de la minería en la provincia de Santa Cruz, analizamos la variación de las fuentes de financiamiento que ha previsto la provincia de Santa Cruz en las leyes de presupuesto de los años 2015 a 2020. A los efectos de permitir la comparación interanual y mitigar las variaciones que produce la inflación en las leyes de presupuesto, las presentamos en dólares corrientes a los efectos de poder analizar la evolución en el tiempo.

En este apartado analizaremos la importancia de los ingresos por regalías de distinto tipo que recibe la Provincia de Santa Cruz

En el siguiente cuadro observamos los valores presupuestados de ingresos corrientes en las leyes de presupuesto de los mencionados años, contruidos con datos de las leyes de presupuesto de la provincia de Santa Cruz y datos del BCRA sobre la cotización del U\$D [5]

Tabla 2 Distribución de los ingresos corrientes presupuestados (U\$D)

	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020	
Ingresos corrientes	2.112.204.951	1.500.870.902	1.863.335.834	1.389.845.253	1.219.418.599	1.495.526.518	
ingresos tributarios	1.111.862.234	876.715.084	1.060.501.077	849.985.582	669.078.120	803.144.186	
tributos provinciales	439.326.484	313.519.819	384.705.434	276.165.191	210.075.226	242.652.989	
tributos nacionales	672.534.671	563.181.733	675.795.643	573.820.391	459.000.737	560.491.198	
Regalías petróleo	365.647.925	258.113.490	315.021.632	188.894.579	237.760.478	220.221.273	
Regalías gas	29.764.539	15.914.137	51.879.319	27.099.927	86.252.705	59.029.112	
Regalías mineras	25.030.283	28.417.933	27.071.933	24.516.965	25.332.826	47.301.587	
Total regalías	420.442.747	302.445.559	393.972.884	240.511.470	349.346.009	326.551.973	
total ingresos mineros	26.702.542	29.385.496	27.630.123	25.031.330	26.056.054	47.993.560	
Coparticipación	233.062.243	168.296.473	213.833.165	155.873.700	122.044.861	154.385.925	
San Julian	3,75 %	8.739.834	6.311.118	8.018.744	5.845.264	4.576.682	5.789.472
Pto Deseado	5,68 %	13.237.935	9.559.240	12.145.724	8.853.626	6.932.148	8.769.121
Perito Moreno	2,74 %	6.385.905	4.611.323	5.859.029	4.270.939	3.344.029	4.230.174
Gobernador Gregores	2,71 %	6.315.987	4.560.834	5.794.879	4.224.177	3.307.416	4.183.859

Como se advierte en los cuadros anteriores también analizamos la coparticipación presupuestada para las localidades de Puerto San Julián, Puerto Deseado, Perito Moreno y Gobernador Gregores, estas localidades son las que concentran la actividad de las empresas mineras en la provincia de Santa Cruz, y están ubicadas todas en las márgenes del área marcada como de interés en la figura N°1.

Los índices de coparticipación son fijos, pero es muy importante para cada municipio el llamado aporte para el déficit, que son transferencias de la provincia a los municipios, lo analizaremos al ver los presupuestos de las localidades en mayor detalle.

Las regalías de Gas y Petróleo han sido históricamente importantes en los ingresos de la provincia de Santa Cruz, y si bien han ido perdiendo importancia relativa aún son importantes. En el período de análisis se verifica un descenso de las regalías de petróleo y un aumento de la importancia relativa de las regalías de gas y mineras, creciendo fuertemente estas últimas, aunque desde valores muy bajos. Veamos como se han comportado las regalías en el período de análisis.

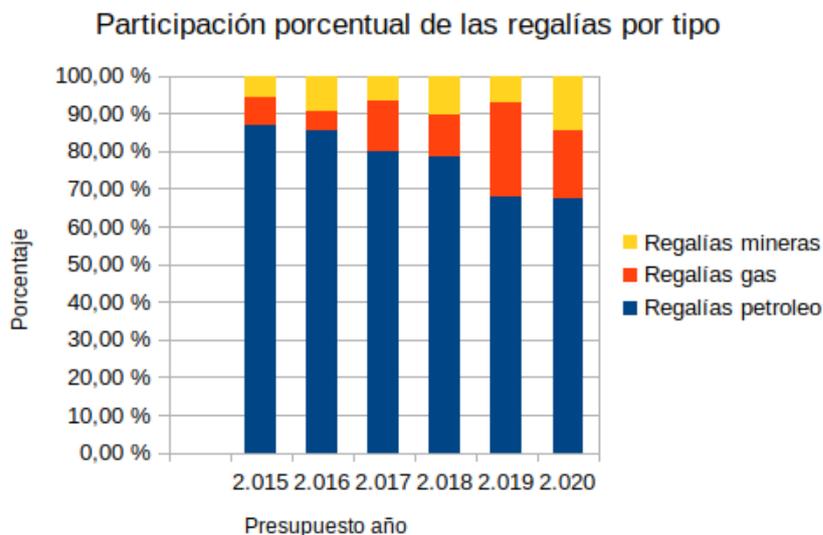


Figura 4 Variación de la participación porcentual de las regalías

Se nota un marcado descenso de las regalías de petróleo, un aumento sostenido, aunque partiendo de valores bajos de las regalías mineras y un aumento de las regalías de gas, que podrían adjudicarse a la inversión en la producción terciaria a través de fracturas en la cuenca austral. El gasto corriente domina la mayor parte de los gastos, siendo muy reducida la parte destinada a la inversión.

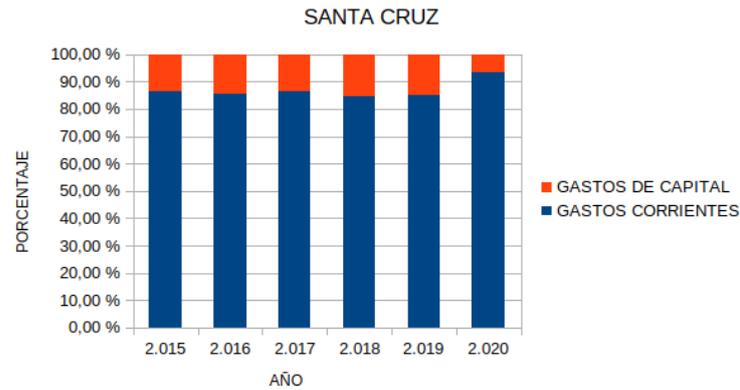


Figura 5 Relación entre gastos corrientes y de capital

Otro problema es que los gastos corrientes en general son poco flexibles, lo que rigidiza los presupuestos y quita margen de maniobra a los gobiernos.

Si miramos el gasto y consideramos que el sistema previsional provincial se paga con ingresos del tesoro, porque la provincia no ha constituido un fondo a tales efectos, la suma de las prestaciones de la seguridad social mas los salarios constituyen aproximadamente el 75% del gasto, lo que también marca la inflexibilidad del mismo.

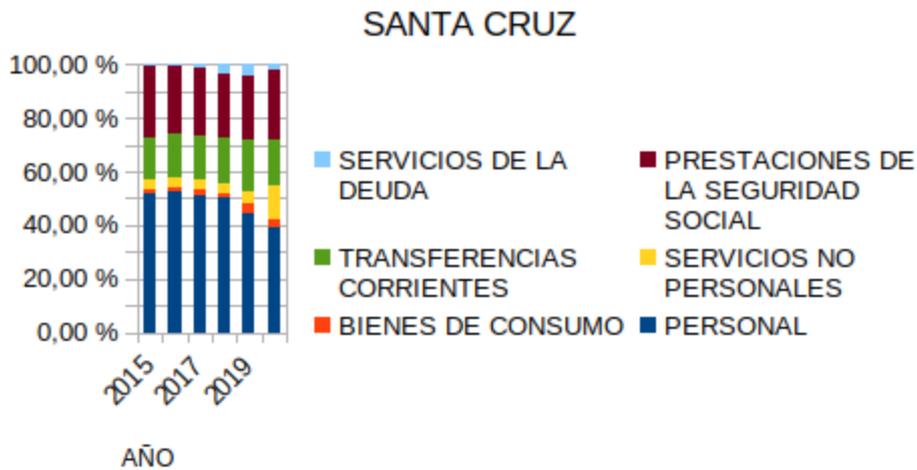


Figura 6 Distribución del gasto corriente de la Provincial

4.3 Impacto de los ingresos brutos generados por la minería

Según el INDEC, Censo nacional a la actividad minera 2017, la minería genera en Santa cruz 7600 empleos directos y 4500 indirectos en la mina, además de los indirectos de otros proveedores de nivel nacional, no necesariamente residentes en la provincia.

La provincia de Santa Cruz, ha establecido una estrategia tributaria basada en la recaudación de ingresos brutos.

La provincia recauda por este impuesto sobre los ingresos de las empresas prestadoras de servicios a las mineras, porque la exportación está exenta de dicho tributo.

Siendo el salario que paga la minería cercano a los 100.000 pesos, el efecto multiplicador para la recaudación que tiene el consumo de los mineros es importante, estamos hablando de un ingreso de 1.210.000.000 de pesos de 2018, estos generan transacciones que son pasibles de ser afectadas por los impuestos provinciales, tomando un multiplicador de 5, o sea una propensión marginal al consumo de 0,8, esto genera transacciones por 6.000 millones de pesos que pueden aportar 180 millones de pesos en ingresos brutos.

Los ingresos fiscales que produce la minería metalífera según el Documento de trabajo de la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM) de Julio de 2012 [6], se pueden analizar en de la siguiente manera en relación con los ingresos provinciales “En términos desagregados, los aportes a entes públicos se ubican en primera posición en tanto alcanzan el 4,3% y 3% del VA y VBP respectivamente; los aportes fiscales el 3,5 % y 2,4%; y las contribuciones a los fondos fiduciarios el 0,2%.”

Desde la fecha de la publicación se han creado el fondo fiduciario en Santa Cruz y se ha acordado elevar la alícuota de las regalías al 3% del valor de venta con lo cual podemos estimar que los aportes fiscales pasen de 2,4 a 3,1 % (Incluyendo cánones y derechos) y las contribuciones a fondos fiduciarios al 1,5%, con lo que tendremos un aporte fiscal del orden del 7,6% del VBP de podemos calcular los ingresos fiscales de esta forma

Siendo el consumo intermedio, CI, de aproximadamente el 25% y de estos un 75% que se compra localmente en el país, considerando que entre el ingreso bruto propio y además tomando una tasa del 3,5% como promedio entre las contrataciones locales y las que pasan por el convenio multilateral llegamos a los siguientes valores, de la Tabla 3 Calculo propio con metodología de ABECBE y datos de exportaciones de INDEC

Tabla 3 *Cálculo del aporte fiscal de la minería a las provincias año 2018*

Exportaciones = VBP	1.642
CI = 24% del VBP	394
Ingresos fiscales	125
Ingresos brutos	10
Total Ingresos provinciales	135

A estos debiéramos sumar el ingreso generado por el consumo de los asalariados que en párrafos anteriores estimamos en 180 millones de pesos de 2018 con lo que podríamos hablar de un aporte de 315 millones de pesos.

4.4. Análisis de la situación Financiera de los municipios del área minera de Santa Cruz

La actividad minera impacta en las localidades de Puerto Deseado, Puerto San Julián, Gobernador Gregores y Perito Moreno, teniendo también mínimos impactos en Las Heras y Pico Truncado en las que por su relación con la industria hidrocarburífera no producen un impacto significativo.

A los efectos de analizar el conjunto nos basaremos en el estudio de los datos presupuestarios de Puerto San Julián del año 2018, mirando los ingresos vemos la escasa participación de los ingresos propios la importancia de las cuentas especiales que son las transferencias de la jurisdicción provincial para tareas de mantenimiento de la infraestructura provincial, o sea mantenimiento de escuelas y edificios publicanos principalmente. [7]

El rubro otras jurisdicciones incluye aportes para el déficit de la jurisdicción Provincial y ATN (aportes del tesoro nacional).

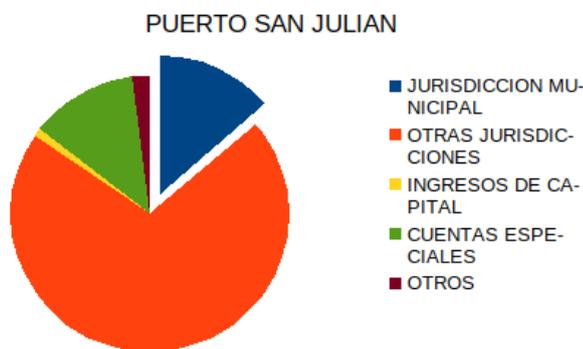


Figura 7 *Distribución porcentual de los ingresos municipales de Puerto San Julián*

El gráfico pone en evidencia el escaso aporte de la recaudación propia y como consecuencia de ello la alta dependencia de los aportes del tesoro y del aporte provincial para el déficit.

En relación con los gastos es notable la elevada importancia de los gastos en personal que sumados a los otros gastos corrientes llegan 76% aproximadamente, siendo las inversiones de capital del orden de 1,2% y las cuentas especiales, reparación de infraestructura escolar y de otros edificios provinciales del orden del 23%

Distribucion porcentual del gasto Pto San Julián

Presupuesto 2018

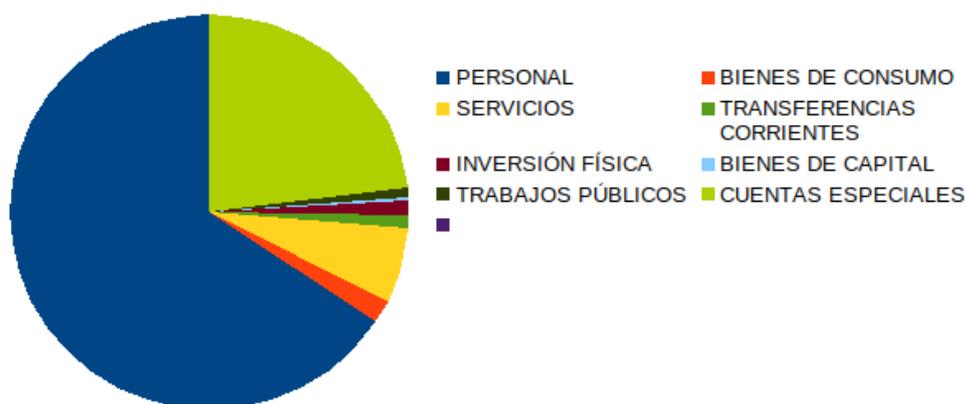


Figura 8 Distribución porcentual del gasto de Puerto San Julián

5. CONCLUSIÓN:

La minería metalífera ha ido ganando participación en los ingresos provinciales, si la comparamos con las regalías hidrocarburíferas que han ido cayendo relativamente, por maduración de los yacimientos y escasez de incentivos para la inversión en exploración, para aumentar las reservas. La provincia tiene un muy alto porcentaje del gasto destinado a gastos corrientes de escasa elasticidad, la minería no realiza un gran aporte a las arcas públicas, pero es un importante generador de empleo de calidad. Este empleo tiene un horizonte temporal acotado por la finitud de la explotación, que hace que los yacimientos se agoten y entonces es preciso que nuevas minas se abran para mantener el nivel de empleo.

La posibilidad de apertura de minas depende de las condiciones geológicas, nivel y espesor del manto, ley de los minerales de condiciones económicas, aunque estas son de relativa importancia dado la alta volatilidad de los mercados de oro y plata.

Para mantener el nivel de empleo y permitir a las empresas mineras realizar inversiones que den sostenibilidad al proyecto, una herramienta podría ser el diseño y construcción de una red eléctrica que permita a las mineras ser compradores de energía eléctrica en lugar de proveerse su propia energía. Esta reducción de costos podría poner en condiciones de explotación a minas que generando su propia energía no podrían hacerlo.

Esta red sería susceptible de dar lugar a inversiones en energía eólica que mejoren la generación local y justifiquen la inversión en la red, a la vez que permitirían a las empresas mineras mejorar su huella de carbono.

La presencia de energía a su vez podría ser utilizada para bombear agua subterránea para mejorar la producción agrícola ganadera en la región, la que está desaprovechada, debido a la alta cantidad de campos despoblados, que a su vez para evitar conflictos entre propietarios de la tierra y mineros, estos últimos han ido comprando los campos, pero sin aprovechar su potencialidad productiva en superficie, desaprovechando recursos.

Pero la sostenibilidad de la economía provincial exige que los ingresos de la minería, que tienen un horizonte temporal acotado puedan usarse para transformar la economía de Santa Cruz mediante la generación de condiciones para el desarrollo de actividades que generen empleo, riqueza sin estar en tan graves conflictos con el ambiente.

La provincia cuenta con un área cordillerana que podría albergar una población mucho mayor a que tiene actualmente dedicada a la actividad agropecuaria sustentable, al turismo que no colisiona con esta última y las actividades que pueden desarrollarse hoy, gracias a las comunicaciones desde cualquier lugar del mundo. Además, el proyecto Pampa Azul, que propone poner en valor, y a la vez que proteger, los recursos marítimos y perimarítimos del gran litoral marino que la provincia tiene.

6. REFERENCIAS:

- [1] Ministerio de Energía y Minería Secretaría de Desarrollo Minero (2018). Oportunidades para la exploración en Argentina Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/oportunidades_para_exploracion_en_argentina_a_0.pdf

- [2] Vázquez, Alberto Daniel (2019) Transformaciones territoriales en la Patagonia ovejera : movi- lidades, valorizaciones y fragmentación rural, disponible en <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4605>
- [3] Lurbé, Rubén Mario (2012) Minería metalífera en Santa Cruz: Empleo y matriz productiva. *Revista de estudios regionales y mercado de trabajo*, (8): 57-76. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5586/pr.5586.pdf
- [4] Subsecretaría de Desarrollo Minero Dirección Nacional de Promoción Minera. [http://cima.minem.gob.ar/assets/datasets/oportunidades para exploracion en argentina.pdf](http://cima.minem.gob.ar/assets/datasets/oportunidades_para_exploracion_en_argentina.pdf)
- [5] Provincia de Santa Cruz. Ley 3451 , Ley 3473, Ley 3526, Ley 3590, Ley 3633, Ley 3681.
- [6] ABECEB (2012) Dimensionamiento del Aporte Económico de la Minería en Argentina. Disponible en http://miningpress.com/media/briefs/abeceb_15.pdf
- [7] [Municipalidad de Puerto San Julián. Ordenanza Número 3339 Presupuesto año 2018](#)

6.1 Otras fuentes consultadas

- [a] CAEM (2019) Minería Argentina – Todas las Respuestas – Aspectos económicos. Disponible en <https://www.caem.com.ar/wp-content/uploads/2019/11/Miner%C3%ADa-Argentina-Todas-las-Respuestas-Aspectos-Econ%C3%B3micos-2.pdf>
- [b] Gómez, Juan & Magnin, Lucia. (2008). Cartografía geomorfológica aplicada a un sector de interés arqueológico en el Macizo del Deseado, Santa Cruz (Patagonia Argentina). Investigaciones Geográficas.
- [c] Ministerio de Hacienda. Secretaría de Política Económica Subsecretaría de Programación Microeconómica (SSPMicro) INFORMES PRODUCTIVOS PROVINCIALES AÑO 3 - N 18 ISSN 2525-023X
- [d] Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social (2020) Provincia se Santa Cruz. Informe de diagnostico Laboral. Disponible en http://trabajo.gob.ar/downloads/estadisticas/informesprovincialesInfDiagLab_202001ENE_SantaCruz.pdf

Agradecimientos

El autor quiere agradecer a la UNPA UARG, en la que está radicado el proyecto PI 29/A447 Estructura Productiva en Santa Cruz. Cambios y Continuidades del que es director y en cuyo marco se realizó el presente trabajo. También agradece a la Facultad Regional Santa Cruz de la UTN, que alienta y colabora con el trabajo.

Identificación de buenas prácticas para evitar retrasos y sobrecostes en proyectos llave en mano de Oil & Gas y Power

Álvarez Pozo, Antonio Héctor*¹; Parma García, Miguel Ignacio²; Atanes Sánchez, Evangelina¹; Bautista Santa Cruz, Luis Fernando³

¹ *Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid*
antoniohector.alvarez.pozo@alumnos.upm.es
evangelina.atanes@upm.es

² *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid*
m.parma@alumnos.upm.es

³ *Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos*
fernando.bautista@urjc.es

RESUMEN

La ejecución de un proyecto se define por el conjunto de tres parámetros básicos, también llamado “triple restricción” o “triángulo de la dirección del proyecto” según el Project Management Institute (PMI): alcance, plazo y coste.

Un cambio en uno de los tres parámetros tendrá una repercusión inversa en al menos uno de los otros dos. Así, si para un determinado alcance se requiere reducir el plazo de ejecución, se deberán asignar más recursos, incrementándose el coste de los trabajos. En cualquier esquema de financiación de un proyecto industrial, tanto el plazo como el coste son factores clave. Sin una adecuada gestión entre las partes, los retrasos y/o sobrecostes podrán acarrear disputas, arbitrajes, litigios y finalmente un total abandono del proyecto. Con la finalidad de hacer una aproximación rigurosa y científica a esta problemática, y considerando su gran importancia debido a las elevadas inversiones que suponen estos proyectos, el presente trabajo aborda el desarrollo de una metodología que permita la identificación de las principales causas que ocasionan retrasos y sobrecostes en proyectos de Oil & Gas y Power. La metodología se basa en el desarrollo de encuestas sistemáticas realizadas a un número representativo de Directores de Proyecto de empresas de ingeniería del sector. El resultado permitirá proponer buenas prácticas, cuya aplicación en la ejecución de los proyectos podrá reducir la frecuencia e impacto de retrasos y sobrecostes.

Palabras Claves: retraso, sobrecoste, proyecto llave en mano.

ABSTRACT

The execution of a project is defined by three basic parameters (also called "triple restriction" or "project management triangle" according to the PMI): scope, term and cost.

A change in one of the three parameters will have an inverse effect on at least one of the other two. Thus, if for a certain scope it is necessary to reduce the execution period, more resources will be assigned, increasing the cost of the works. In any financing scheme for an industrial project, both the term and the cost are key factors. Without proper management between the parties, delays and / or cost overruns may lead to disputes, arbitrations, litigation and finally a total abandonment of the project. In order to make a rigorous and scientific approach to this problem, and considering its great importance due to the high investments involved in these projects, this work addresses the development of a methodology that allows the identification of the main causes that cause delays and cost overruns in Oil & Gas and Power projects. The methodology is based on the development of systematic surveys carried out on a representative number of Project Directors from engineering companies in the sector. The result will allow to propose good practices, the application of which in the execution of projects will reduce the frequency and impact of delays and cost overruns.

Keywords: delays, costs, EPC projects

1. INTRODUCCION

Los retrasos y sobrecostes en la ejecución de proyectos de construcción son una realidad, independientemente del tipo de industria o país. De hecho, son casos excepcionales los proyectos que se ejecutan en plazo o/y manteniendo el presupuesto contractual.

La actividad de la construcción, tanto civil como industrial, es significativamente importante para la economía mundial, ya que el gasto relacionado con esta actividad representa en torno al 13% del PIB mundial, pero tiene un largo historial de baja productividad [1–3]. Según Mckinsey Global Institute [1] se podrían crear 1,6 billones de dólares al año de valor añadido mediante una mayor productividad. Esto es equivalente al PIB de Canadá, a cubrir la mitad de las necesidades de infraestructura a nivel mundial, o impulsar el PIB global en un 2 por ciento anual.

Sin embargo, no es fácil hacer suposiciones sobre cuán productivo debería ser un sector en comparación con otros. El crecimiento global de la productividad laboral en la construcción ha promediado solo el 1% anual durante las últimas dos décadas (manteniéndose estable en la mayoría de las economías avanzadas). En contraste con el crecimiento de la economía mundial (2.8%) y el de la manufactura (3.6%), esto indica claramente que el sector de la construcción tiene un desempeño inferior y, por lo tanto, un amplio margen de mejora [1].

Estos datos pueden ser contrastados con los más recientes de la empresa Deloitte, en su publicación anual Global Powers of Construction (GPoC) [2] se presenta un ranking a nivel global. Los ingresos totales según el GPoC ascendieron a USD 1,5 billones. Por áreas geográficas, las mayores empresas en términos de ingresos se encuentran en China, Europa (especialmente Francia y España), Japón, Estados Unidos y Corea del Sur; estas empresas representan el 48%, 22%, 13%, 8% y 5% de las ventas totales, respectivamente (ver Figura 49).

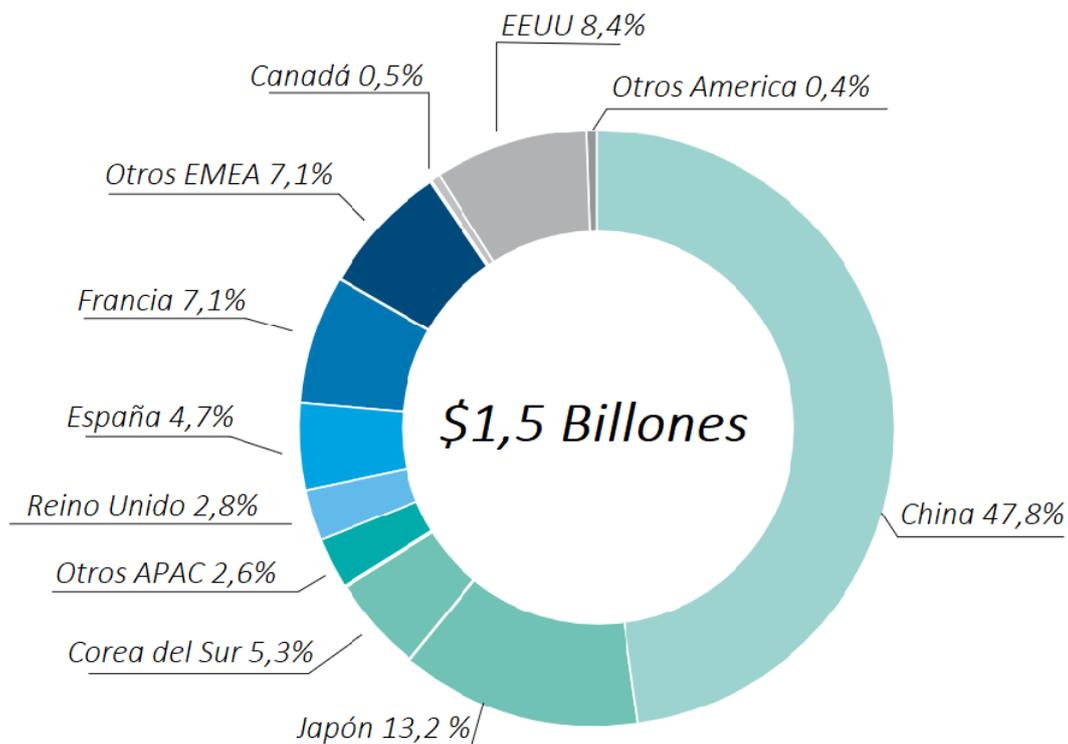


Figura 49. Ventas de las 100 empresas constructoras más importantes del mundo (elaboración propia a partir de los datos recogidos de [2])

En los últimos años, se han redefinido los parámetros de referencia de costes y rendimiento en muchas industrias. La aplicación de los mismos principios subyacentes a grandes proyectos de inversión en grandes industrias podría lograr un cambio escalonado similar en el desempeño, con el potencial de reducir el coste y el tiempo real del proyecto entre un 30 y un 50 por ciento, lo que supone más del doble de los retornos de los proyectos [3]. Sin embargo, el sector ha tenido dificultades para lograr tasas incluso moderadas de mejora de la productividad o para entregar proyectos a tiempo.

Los proyectos de inversión pueden beneficiarse significativamente de un modelo de entrega mejorado debido a que hay mucho valor sin explotar. En septiembre de 2020, se realizó una encuesta mundial a más de 300 altos ejecutivos en el sector de proyectos de capital (Figura 50), que compartieron sus percepciones sobre las fortalezas y debilidades del modelo actual de ejecución de proyectos y las oportunidades disponibles para realizar mejoras [3].

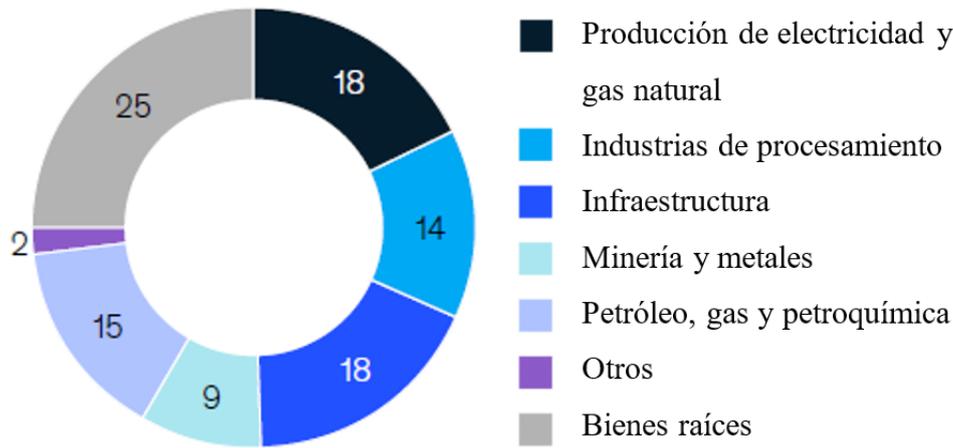


Figura 50. Composición por sector de los profesionales encuestados (elaboración propia a partir de los datos recogidos de [3])

Entre las fuentes importantes de fuga de valor que identificaron los líderes de la industria se encuentran: elegir los proyectos equivocados, falta de planificación eficaz y medición del progreso, y entregas incompletas y de mala calidad al final de la construcción. Los que respondieron a la encuesta establecieron que estas pérdidas dan como resultado que los proyectos de construcción tarden un 38% más de lo programado en terminar, y que cuesten un 40% más que sus presupuestos originales. Las pérdidas fueron consistentes en general en todas las industrias y regiones, y los encuestados indicaron que las mayores pérdidas ocurrieron durante la ejecución del proyecto [3].

En cuanto a lo que la pandemia se refiere, según informe de la empresa KPMG [4], un 51% de los encuestados (que pertenecen a empresas Ingeniería/Construcción) afirman experimentar retrasos importantes en el cronograma o un impacto en los costes atribuibles al COVID-19. De ese 51%, un 20% considera que el impacto del COVID-19 supone entre un 11% y 20%, mientras que el 31% restante afirma que el impacto supera el 20%.

La problemática planteada hasta ahora fue estudiada por Kerzner en 2009, que propuso que la solución pasa por obtener un mejor control y uso de recursos corporativos [5]. El enfoque de gestión de proyectos es relativamente moderno. Hace cuarenta años, se limitaba a las empresas de construcción y contratistas del Departamento de Defensa de EE.UU. Hoy, el concepto de la gestión de proyectos se está aplicando en industrias y organizaciones tan diversas como defensa, construcción, farmacéutica, química, banca, hospitales, contabilidad, publicidad, leyes, gobiernos estatales y locales y las Naciones Unidas [5].

La importancia de este tema también es reflejada por Merrow en su libro *Industrial Megaprojects* [6]. “No ocurre nada físico hasta que una pala se hunde en el suelo o hasta que se dobla el primer acero. Sin embargo, todo profesional de proyectos sabe que cuando la pala se hunde, los resultados de casi todos los proyectos ya están determinados.”

Por lo tanto, la formación e información juega un papel fundamental y es imprescindible poseer los conocimientos esenciales en la ejecución de un proyecto, la cual se define por tres parámetros básicos (también llamado “triple restricción” o “triángulo de la dirección del proyecto” según el Project Management Institute (PMI) [7]):

- Alcance
- Plazo
- Coste

Un cambio en uno de los tres parámetros tendrá una repercusión inversa en al menos uno de los otros dos. Por ejemplo, si para un mismo alcance, se requiere reducir el plazo de ejecución (tiempo), se deberá incrementar el presupuesto de los trabajos (coste), al deber asignar más recursos.

Todos los proyectos que se ejecutan en los sectores de Oil & Gas (Refino & Gas) y Power (generación eléctrica), con presupuestos desde decenas (planta de cogeneración) a miles (una refinería completa) de millones de dólares, obtienen los fondos para su ejecución de un esquema de financiación externa (bancos, fondos, etc.), interna (departamentos de producción o ventas financian el proyecto), o mixta.

La viabilidad financiera de estos proyectos se suele analizar mediante dos parámetros:

- TIR (Tasa Interna de Retorno): el interés intrínseco que generará la inversión.
- Plazo de recuperación: tiempo en el que se habrá recuperado la inversión.

En cualquier financiación, tanto el plazo (tiempo) como el importe (coste) de la misma, son factores clave. Un aumento del plazo requerido para finalizar el proyecto (más tiempo hasta que se empieza a producir) o/y del presupuesto (mayor coste de la inversión) asignado al mismo, repercutirá muy negativamente en ambos parámetros (reducción de la TIR e incremento del plazo de recuperación de la inversión), y podría además poner en riesgo la viabilidad del plan de negocio vinculado al proyecto.

Por otro lado, a nivel mundial no deja de crecer la demanda de energía y productos derivados del petróleo y gas, normalmente ejecutados mediante contratos llaves en mano EPC (Engineering, Procurement and Construction). En esta modalidad contractual, un contratista especializado asume todo el riesgo de la ejecución (ingeniería, aprovisionamiento, construcción y puesta en marcha) para un cliente industrial. Por supuesto estos contratos cubren tanto el alcance como el plazo y el coste, teniendo unas penalizaciones muy altas por incumplimiento de los requisitos. El incurrir en sobrecostes millonarios y/o retrasos durante la ejecución, sin una adecuada gestión entre las partes, podrá acarrear disputas, arbitrajes, litigios y finalmente un total abandono del proyecto.

Con la finalidad de hacer una aproximación más rigurosa y científica a la problemática hasta aquí señalada, y considerando la importancia de la misma por el tamaño de las inversiones que suponen este tipo de proyectos, se plantea una investigación para el desarrollo de una metodología que permita la identificación de las principales causas que ocasionan retrasos y sobrecostes en proyectos de Oil & Gas y Power. El resultado permitirá proponer buenas prácticas, cuya aplicación en la ejecución de los proyectos podrá reducir la frecuencia e impacto de retrasos y sobrecostes.

En este trabajo se presentan las acciones iniciales para el establecimiento de dicha metodología.

2. METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO

La investigación se compone de trabajo de gabinete (TG) y de campo (TC) y se identifican nueve etapas que se resumen en la Tabla 33.

Tabla 33 *Etapas del plan de investigación*

Nº	Actividad	Objetivo	Plazo
1	Revisión bibliográfica	Identificar el estado del arte de las causas de retrasos y/o sobrecostes en proyectos de Oil&Gas y Power.	2019/21 (24 meses)
2	Estimación del número Directores de Proyecto (DPs) en España	Determinación del colectivo a encuestar.	
3	Preparación de la encuesta	Elaboración cuestionario para de encuestar a los DPs.	2021/22 (12 meses)
4	Prueba piloto	Chequear la idoneidad del cuestionario y funcionamiento correcto de la aplicación web.	
5	Envío de las encuestas	Recibir feedback de los DPs.	2022/23 (12 meses)
6	Activación y recepción de las encuestas	Maximizar respuestas.	
7	Recopilación y análisis de los cuestionarios	Ranquear las respuestas a las causas, así como consolidar las respuestas a preguntas abiertas.	
8	Validación de los resultados por expertos del sector	Análisis de consistencia de los resultados obtenidos.	2023/24 (12 meses)
9	Análisis de resultados y emisión de conclusiones	Determinación de las causas más frecuentes de retrasos y/o sobrecostes en proyectos de Oil&Gas y Power.	

2.1 Revisión bibliográfica (TG)

Para identificar las causas de sobrecostes y retrasos en proyectos llave en mano de Oil & Gas y Power, se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Scopus y Web of Science, así como en la base de datos Teseo que recoge las Tesis Doctorales realizadas en España.

El formato de búsqueda consta de tres palabras clave, una por cada punto a continuación, por ejemplo "Industrial & EPC Project & Cost".

- Industrial. Petrochemical. Power. Oil&Gas.
- EPC. Turnkey. (Project).
- Delay. Schedule. Cost. Budget. (Overruns).

2.2 Estimación del número de Directores de Proyecto en España (TG).

Se ha considerado como público objetivo a encuestar el colectivo de profesionales en Dirección de Proyectos (Project Managers). Para estimar el número total de este colectivo en España, especializado en proyectos industriales llave en mano, se han utilizado dos fuentes:

- Las empresas que forman la Comisión de Industria y Energía de Tecniberia (Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos), disponible en: <https://tecniberia.es/>
- Los integrantes del Capítulo de España del PMI (*Project Management Institute*), disponible en: <https://www.pmi.org/membership/chapters/europe-middle-east-africa>

Con el fin de no hacer muy limitativo el estudio, como Director de Proyecto se han considerado también las figuras profesionales habituales en los proyectos llave en mano: Director de Operaciones (*Operations Manager*), Director de Ingeniería (*Engineering Manager*), Director de Área (*Area Manager*) e Ingeniero de Proyecto (*Project Engineer*).

2.3 Preparación de la encuesta (TG).

El cuestionario se compondrá de 3 partes:

1. Datos genéricos del encuestado: años de experiencia en gestión de proyectos, formación, empresa actual en la que trabaja, empresa anterior en la que trabajó, proyecto actual en el que trabaja (cliente y país), etc...
2. Listado de causas para su evaluación y clasificación":
 - a. Con el fin de estructurar y facilitar la realización de la encuesta, y considerando que el número de parámetros óptimos a analizar simultáneamente no debería de exceder de 7 ± 2 [8], las causas se agruparan en 8 categorías: cliente, factores externos, fase previa al proyecto, ingeniería, aprovisionamiento, construcción, entrega de planta y gestión del proyecto.
 - b. Se empleará el *Best-Worst Method* (BWM) para realizar un primer filtrado con los expertos encuestados [9], tal y como se indica en el apartado 0.
3. Dos preguntas abiertas del tipo:
 - ¿Alguna causa adicional?
 - Propuesta (máximo 3) de buenas prácticas para minimizar retrasos y/o sobrecostes.

El diseño del cuestionario deberá de permitir contestarlo en un máximo de 15 minutos. Con el fin de realizar el benchmarking correspondiente, se están tratando de recopilar 19 cuestionarios de los más de 100 referencias localizadas, como se menciona en el apartado 0.

2.4 Prueba piloto (TC).

Con la finalidad de verificar la idoneidad del diseño del cuestionario, previamente a su envío, se hará una prueba piloto con tres profesionales de la dirección de proyecto y otros tres académicos. La retroalimentación de esta prueba se incorporará al cuestionario final.

2.5 Envío de las encuestas (TC).

El cuestionario, bilingüe (español e inglés), a rellenar vía web, se enviará electrónicamente a:

- Empresas que componen la Comisión de Industria y Energía de Tecniberia (19 empresas con una facturaron en el 2019 (año pre-Covid) un total de 7.746 millones de euros) [10–12].
- PMI (Capitulo España que dispone de 3,741 PMP y miembros activos) [13].
- Contactos personales (más de 100)

Adicionalmente, se difundirá electrónicamente a través de estos grupos internacionales:

- “[ISA Technical Discussion Forum](#)” (Asociación que dispone de un total de 12.721 miembros profesionales en 102 países [14])
- “*EPC Consultants Professionals*” (grupo de LinkedIn que dispone de más de 105 mil miembros)

Se empleará alguna de las siguientes aplicaciones para realizar la encuesta, todas ellas empleadas en investigaciones de esta área:

- Bristol Online Survey (BoS) [15]
- Google Forms [16]
- SurveyHero [17]

2.6 Activación y recepción de las encuestas (TC).

Se considera adecuado un plazo de seis semanas para rellenar el cuestionario. Se realizarán acciones de recordatorio cada dos semanas.

2.7 Recopilación y análisis de los cuestionarios (TG)

Se utilizará una escala de valoración del 1 al 5. Con el fin de clasificar las causas, se considerará, por su sencillez de aplicación, el Índice de Importancia Relativa (IIR), cuya fórmula se indica a continuación:

$$IIR = \frac{\sum X}{Y \cdot Z} \quad (42)$$

Donde X es el peso dado a un factor por un encuestado (el rango del 1 a 5), Y es la puntuación más alta disponible (5 en este caso), y Z es el número total de encuestados que han respondido la pregunta. Nótese que el valor del $IIR \in [0,1]$. El uso de IIR para descubrir los factores más significativos se ha utilizado habitualmente en la literatura existente sobre gestión de proyectos [18–20].

Para la parte de datos genéricos del encuestado, así como para las respuestas a preguntas abiertas del cuestionario, se realizará un resumen ejecutivo específico.

2.8 Análisis de consistencia de los resultados por expertos del sector (TC).

Con la finalidad de validar la información obtenida en el punto 2.7, la misma se contrastará en entrevistas singulares con expertos (mínimo tres y máximo seis) del sector, con más de 25 años de experiencia en gestión de proyectos y con las posiciones de “*Chief Operations Officer*”, o similares, de empresas que realizan proyectos EPC o de sus empresas cliente.

2.9 Análisis de resultados y conclusiones (TG).

La investigación finalizará con el análisis de los resultados obtenidos, que permitirá realizar las siguientes acciones:

- Priorización de las causas más comunes de retrasos y/o sobrecostes.
- Propuesta de medidas preventivas o buenas prácticas, cuya implementación evitaría o mitigaría los retrasos y/o sobrecostes.
- Posibles nuevas líneas de investigación.

3. RESULTADOS.

Hasta la fecha se han realizado las siguientes actividades correspondientes al plan de trabajo descrito en el punto 2.

3.1 Revisión bibliográfica

Se han analizado 102 referencias bibliográficas (parcialmente citadas en el punto 0 con la finalidad de simplificar este comunicado), cubriendo un total de 37 países, de los cuales solo en 21 países aparecen causas o buenas prácticas. Como resultado final, se han identificado 908 causas de retrasos y/o sobrecostes y 147 buenas prácticas, tal y como se resume en la Tabla 2.

Tabla 34 Clasificación de causas de retrasos y sobrecostos, así como de buenas prácticas

Región	Nº Causas retrasos y sobrecostos	Nº Buenas prácticas
01 EUROPA (<i>España, Francia, Eslovenia, Suecia y Turquía</i>)	160	38
02 AFRICA	0	0
03 AMERICA (<i>EE. UU.</i>)	10	7
04 ORIENTE MEDIO (<i>Arabia Saudita, EAU, Irán, Iraq y Kuwait</i>)	376	65
05 ASIA (<i>China, Corea del Sur, India, Indonesia, Japón, Malasia, Singapur y Taiwán</i>)	324	37
06 OCEANÍA (<i>Australia y Nueva Zelanda</i>)	38	0
TOTAL	908	147

De estos resultados se deduce que, desde el punto de vista geográfico, hay amplias áreas en las que no se han identificado trabajos de investigación o informes relacionados con este tema, lo que concuerda con lo señalado por Viles [21].

3.2 Estimación del número de Directores de Proyecto en España

Con excepción de una de las referencias [22], en el resto no se refleja claramente el criterio seguido para definir el tamaño de la muestra a encuestar, interpretándose que se ha enviado el cuestionario y/o entrevistado a expertos únicamente con los que se tenía previo contacto personal, lo que podría provocar un sesgo en los resultados.

Para evitar este sesgo, en el presente trabajo de investigación se ha estimado en primer lugar el tamaño de la población, y a partir de este dato se ha calculado el tamaño muestral necesario para que los resultados sean estadísticamente significativos.

No se ha localizado ningún directorio oficial, o similar, donde se listen los profesionales de la dirección de proyectos llave en mano en España. Por lo tanto, se ha procedido a estimar el total de los mismos, con la finalidad de cuantificar el tamaño total de la muestra de profesionales, utilizando dos fuentes de datos. Por un lado, las empresas que componen la Comisión de Industria y Energía de Tecniberia. Estas empresas facturaron en el 2019 (año pre-Covid) un total de 7.746 millones de euros [10–12]. La empresa que facturó el 61%, y cuya actividad principal se centra en proyectos llave en mano como los que se están estudiando, tiene actualmente en plantilla un total de 300 profesionales en gestión de proyectos (según las figuras profesionales indicadas en el apartado 2.2). Por tanto, el número teórico total de profesionales para todo el grupo de empresas sería de 495 (DP1).

Otra fuente sería el Capítulo del PMI en España y la encuesta que realizó en el 2021 [20]. En esta encuesta se indica que el 27% de los PMP (Project Management Professional) se dedican a actividades de Ingeniería y Energía. Considerando el número de PMP totales en España (3741), daría un número teórico total de profesionales en gestión de proyecto de 1010 (DP2).

Por tanto, se estima que la población española total de Directores de Proyecto del sector de interés de este estudio estaría aproximadamente entre 500 y 1000 profesionales. El número de cuestionarios correctos (n) que se deberían recibir en función del porcentaje de fiabilidad que se fije en el estudio se calcula según la Ecuación (2) [22] y los resultados se presentan en la Tabla 3:

$$n = \frac{N \cdot Z_a^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_a^2 \cdot p \cdot q} \quad (43)$$

Donde N es el tamaño de la población, d es el error máximo admisible en tanto por uno, Z_a es el coeficiente de seguridad en relación con el nivel de seguridad establecido (en nuestro caso se ha empleado un 95% que le corresponde un valor de $Z_a = 1.96$), p es probabilidad de éxito y q , la probabilidad fracaso. Al desconocer el valor de p , se emplea el criterio conservador $p = q = 0.5$ lo cual maximiza el tamaño de muestra, ya que $p + q = 1$. Igualmente, se ha elegido con criterio conservador el valor de DP2 como tamaño de la población.

Tabla 35 Número de cuestionarios en función del error máximo admisible y de la fiabilidad

Error máximo admisible (d)	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05
Fiabilidad	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Número de cuestionarios correctos necesarios (n)	12	16	24	42	89	279

4. TRABAJO FUTURO

Las etapas 3-9 del plan de trabajo presentado se encuentran en proceso de realización.

5. CONCLUSIONES

Hasta el momento se ha llegado a las siguientes conclusiones, algunas de las cuales podrían ser origen de trabajos de investigación adicionales o/y complementarios:

1. Aunque existe una amplia bibliografía sobre retrasos y sobrecostos en construcción, en general, se han identificado pocas referencias relativas a proyectos industriales.
2. Asimismo, y desde el punto de vista geográfico, hay amplias áreas en las que no se han identificado referencias bibliográficas [21].
3. Se han identificado pocas referencias elaboradas por asociaciones profesionales o sectoriales, siendo la mayoría referencias académicas.
4. En general, en trabajos de investigación previos [18] no se refleja claramente el criterio seguido para definir el tamaño de la muestra a encuestar. Para evitar posibles sesgos, en el presente trabajo se ha estimado la población y se ha determinado estadísticamente el tamaño muestral.
5. Con excepción de 7 referencias, en las que se habla específicamente de extracostos, en el resto se habla conjuntamente de extracostos y retrasos, o solamente de retrasos, siendo uno de sus efectos principales los extracostos. En otras palabras, como puros extracostos, en las referencias analizadas solo se identificaron las siguientes cinco causas: cambios de alcance (sin impacto en plazo), cambio de divisa, inflación, multas e impuestos.

6. REFERENCIAS

- [1] McKinsey Global Institute (MGI), "Reinventing Construction: Executive summary," Feb. 2017. Accessed: Aug. 22, 2021. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>
- [2] Deloitte, "Global Powers of Construction 2020," Jul. 2021, Accessed: Aug. 22, 2021. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/energy-and-resources/articles/deloitte-global-powers-of-construction.html>
- [3] S. Chandrasekaran et al., "Capital Projects 5.0: Reimagining capital-project delivery," 2021. Accessed: Aug. 22, 2021. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/capital-projects-50-reimagining-capital-project-delivery>
- [4] KPMG, "No turning back," Global Construction Survey 13th edition, Aug. 2021. Accessed: Aug. 22, 2021. [Online]. Available: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/08/global-construction-survey1.pdf>
- [5] Harold Kerzner, Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling, 10th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [6] E. W. Mellow, Industrial megaprojects: Concepts, strategies, and practices for success. 2011. doi: 10.1002/9781119201045.
- [7] Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 6th Edition., no. 2. Pensilvania, 2017.
- [8] A. Gupta, M. Chandra Gupta, and R. Agrawal, "Identification and ranking of critical success factors for BOT projects in India," Management Research Review, vol. 36, no. 11, pp. 1040–1060, Oct. 2013, doi: 10.1108/MRR-03-2012-0051.
- [9] A. Kazemi, E. S. Kim, and M. H. Kazemi, "Identifying and prioritizing delay factors in Iran's oil construction projects," International Journal of Energy Sector Management, vol. 15, no. 3, pp. 476–495, 2020, doi: 10.1108/IJESM-04-2020-0006.
- [10] Bureau van Dijk, "Base de datos: Amadeus," 2021. <https://amadeus.bvdinfo.com/> (accessed Aug. 22, 2021).
- [11] Inforiesgos S.A., "Información GRATIS de Empresas Españolas," 2021. <http://www.infocif.es/> (accessed Aug. 22, 2021).
- [12] Técnicas Reunidas, "Informe Integrado 2019," 2020. Accessed: Aug. 22, 2021. [Online]. Available: https://www.tecnicasreunidas.es/wp-content/uploads/2020/07/TR_Informe_Integrado_2019.pdf
- [13] R. Sastre Martín and C. D. Pérez Costa, "El Project Management en España," 2021. Accessed: Aug. 22, 2021. [Online]. Available: www.pmi-mad.org
- [14] International Society of Automation (ISA), "Creating a better world through automation," 2020.

- [15] H. Aljamee, S. Naeem, and A. Bell, "The causes of project delay in Iraqi petroleum industry: A case study in Basra Oil Company," *Journal of Transnational Management*, vol. 25, no. 1, pp. 57–70, Jan. 2020, doi: 10.1080/15475778.2019.1698935.
- [16] P. K.V, V. Vasugi, V. R, and N. Bhat, "Analysis of causes of delay in Indian construction projects and mitigation measures," *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 24, no. 1, pp. 58–78, Mar. 2018, doi: 10.1108/JFMPC-04-2018-0020.
- [17] A. R. Alhajri and A. Alshibani, "Critical factors behind construction delay in petrochemical projects in Saudi Arabia," *Energies*, vol. 11, no. 7, 2018, doi: 10.3390/en11071652.
- [18] Z. Tsigas, M. Emes, and A. Smith, "Critical success factors for projects in the petroleum industry," in *Procedia Computer Science*, 2017, vol. 121, pp. 224–231. doi: 10.1016/j.procs.2017.11.031.
- [19] P. K. V, P. Kudrekodlu Venkatesh, and V. Venkatesan, "Delays in construction projects: A review of causes, need & scope for further research," India, 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/325381206>
- [20] M. S. Abdullah, W. S. Alaloul, M. S. Liew, and B. S. Mohammed, "Delays and Cost Overruns Causes during Construction of Palm Oil Refinery Projects," in *MATEC Web of Conferences*, Sep. 2018, vol. 203. doi: 10.1051/mateconf/201820302004.
- [21] E. Viles, N. C. Rudeli, and A. Santilli, "Causes of delay in construction projects: a quantitative analysis," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 27, no. 4, pp. 917–935, Apr. 2020, doi: 10.1108/ECAM-01-2019-0024.
- [22] A. bin Seddeeq, S. Assaf, A. Abdallah, and M. A. Hassanain, "Time and cost overrun in the Saudi Arabian oil and gas construction industry," *Buildings*, vol. 9, no. 2, Feb. 2019, doi: 10.3390/buildings9020041.

Economía campesina traspatio: Una alternativa autoalimentaria local post COVID-19 en economías emergentes

Fernández-Lambert, Gregorio^{1*}; Montalvo-Romero, Nayeli²;
Montiel-Rosales, Aarón^{1,2}; Basilio-Soto, Félix Enrique¹; Sandoval-Herazo,
Mayerlin¹.

¹Tecnológico Nacional de México / ITS de Misantla.

²Tecnológico Nacional de México / ITS de Purísima del Rincón.

gfernandezl@itsm.edu.mx; naiemontalvor@gmail.com;

ar.chimedes@hotmail.com; 192t0045@itsm.edu.mx; 192t0838@itsm.edu.mx

RESUMEN

Aunado al impacto de la pandemia por COVID-19, las cadenas alimentarias al ser complejas por el número de agentes que en ellas intervienen, generalmente son interrumpidas entre sus agentes económicos, desde el productor hasta el consumidor. En este contexto y acelerado por la contingencia sanitaria, las cadenas cortas alimentarias resaltan su importancia para atender los requerimientos alimentarios de sus comunidades. Sin embargo, pese a toda la logística reportada por las cadenas consolidadas para enfrentar eventos disruptivos, es evidente la fragilidad de este tipo de cadenas en su inmadurez logística. Si bien existen estudios que reportan la producción agrícola traspatio como una estrategia de abastecimiento local, es notoria su ineficiencia para incorporar de manera formal sus productos agrícolas a la red agroalimentaria local de sus comunidades. Este artículo revisa literatura especialmente latinoamericana, para cubrir un vacío de información relacionada con las características del modelo de economía campesina que sostiene la agricultura traspatio en comunidades rurales. En este sentido, reportamos las características que resaltan a este modelo agrícola traspatio, económico, social y ambiental, para establecer relaciones locales entre productores y consumidores para fortalecer la economía rural como cadena de suministro corta en apoyo de las comunidades emergentes.

Palabras clave: Cosecha agrícola. Economía circular. Circuitos cortos alimentarios. Cadenas de suministro. Agricultura orgánica.

ABSTRACT

In addition to the impact of the COVID-19 pandemic, food chains, being complex due to the number of agents that intervene in them, are generally interrupted between their suppliers, from the producer to the consumer. In this context and accelerated by the health contingency, short food chains highlight their importance in meeting the food requirements of their communities. However, despite all the logistics reported by the consolidated chains to face disruptive events, the fragility of this type of chain is evident in its logistical immaturity. Although there are studies that report backyard agricultural production as a local supply strategy, its inefficiency in formally incorporating its agricultural products into the local agri-food network of its communities is notorious. This article reviews especially Latin American literature to fill an information gap related to the characteristics of the peasant economy model that supports backyard agriculture in rural communities. In this sense, we report the characteristics —economic, social and environmental— that highlight this backyard agricultural model, to establish local relationships between producers and consumers, and to strengthen the rural economy as a short supply chain in support of emerging communities.

Keywords: Agricultural harvest. Circular economy. Short food circuits. Supply chains. Organic agriculture.

1. INTRODUCCIÓN

El origen de la visión de cadena de abastecimiento podría remontarse a Forrester en 1958, al proponer el juego de la cerveza estudiando el efecto látigo, lo que condujo a una visión sistémica de los agentes que en ésta intervienen. Posteriormente la expresión “gestión de la cadena de abastecimiento” (SCM, *Supply Chain Management*) aparece en la década de los ochenta y evoluciona rápidamente [1]. Las cadenas de suministro, pueden ser definidas como un conjunto de tres o más empresas directamente involucradas en el flujo de productos, servicios, dinero y/o información desde las fuentes de suministro hasta los clientes finales [2]. Entre estas redes de proveeduría, se ubican las cadenas agrícolas, las cuales tienen un comportamiento complejo, que, entre diversos factores, se encuentra la temporalidad de sus cultivos [3].

Este sector, asistido por programas sociales poco eficientes para su desarrollo, ha sido objeto de esfuerzos particulares sobre todo en los últimos 200 años por las reformas agrarias de cada país; estos esfuerzos corresponden a la fuerza del campesino, que siempre, desde una perspectiva de respeto a la naturaleza obtiene de ella lo necesario para cubrir sus necesidades alimentarias; las cuales, hoy en día, se centran en la economía de las comunidades rurales, actividades del sector primario: agricultura, explotación forestal, ganadería y pesca, las cuales, se realizan con el propósito de asegurar la alimentación familiar y cubrir otras necesidades básicas [4]. Este contexto agrícola deja ver que, éste modelo económico, representa un modelo de cadena de suministro corta, que es la base de la economía de un gran número de comunidades rurales [5], en donde la trazabilidad en las cadenas alimentarias, proporcionan la confianza alimentaria en el consumidor local [6].

Los efectos del COVID-19 están afectando de forma exponencial la economía local de las comunidades rurales, más que el mismo impacto en la salud por sí sola debido al cambio en los protocolos de sanidad en las cadenas de suministro de alimentos, así como en la disposición de servicios básicos [7]. En este sentido, el informe de la *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y la *Food and Agriculture Organization* (FAO, Organización para la Alimentación y Agricultura) de las Naciones Unidas, proyecta que a mediano plazo los mercados agrícolas mundiales y nacionales serán inciertos derivado de las afecciones que el COVID-19 ha generado en cuanto a la producción, precios y comercio [8]. Este escenario acentúa que la producción para autoconsumo de baja escala, como la economía campesina traspatio, puede verse afectada significativamente por las restricciones impuestas para evitar la propagación del virus, lo que ha complicado, e.g., el acceso a insumos y recursos, lo que, a su vez, influye directamente en la producción y calidad del alimento. En estos escenarios, cobra relevancia las relaciones locales entre productores y actores de la cadena alimentaria para fortalecer la economía local, sobre todo, de las cadenas cortas traspatio en apoyo a las comunidades emergentes, en donde, cada una enfrenta retos diarios diferentes relacionadas con su capacidad de autoconsumo y para el fortalecimiento de sus economías.

2. MÉTODO

Este artículo se apoya de una revisión de literatura, con mayor énfasis en lo reportado en Latinoamérica, sin dejar de lado artículos de otros continentes que fundamenten y resalten el impacto de la actividad agrícola campesina en comunidades emergentes, y a partir de esto, se analiza, cómo opera la economía rural, cuáles son sus ventajas, los retos que enfrenta y el rol que desempeña la economía traspatio como cadena de suministro corta en apoyo de las comunidades emergentes en tiempos de contingencia COVID-19 para gestionar la seguridad alimentaria. Especialmente se seleccionaron artículos relacionados con énfasis en la agricultura rural, y han sido de especial interés aquellos artículos difundidos en revistas indexadas. Se analizaron hallazgos relacionados con el núcleo familiar, la actividad familiar, la relación y el destino de la producción agrícola de las comunidades rurales. Este análisis permitió identificar en comunidades emergentes, las características del modelo de economía campesina, el impacto económico, social y ambiental de la agricultura traspatio en estas comunidades rurales. Finalmente, el estudio permitió identificar la importancia de la economía campesina como práctica agrícola que posee la capacidad de abonar en garantizar la seguridad alimentaria tras los efectos de una pandemia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La agricultura rural ha sido estudiada en cada país desde su propio contexto familiar, y es común encontrar reportes que convergen en que la falta de desarrollo de este modelo agrícola puede deberse entre diversos factores como el alto índice de marginalidad, pobreza en su economía, aislamiento geográfico, insuficientes fuentes de trabajo, desigualdad social, y una escasa aplicación de programas comunitarios, que incluye limitaciones en el acceso a servicios de salud y transporte, entre otros [9].

En lo general, las comunidades rurales son conformadas por familias campesinas en donde de al menos un integrante realiza una actividad económica de la agricultura, y dicha actividad se realiza sin hacer uso de mano de obra asalariada, con materiales agrícolas limitadas, y el resultado de su actividad agrícola lo destina en mayor proporción al autoconsumo [10]. En otros casos, cuando

las actividades de este sector se realizan como pueden ser la agricultura intensiva, explotación forestal, ganadería, y pesca; además de cubrir sus necesidades básicas no-absolutas, sus excedentes de producción se comercializan dentro de la localidad, y en menor medida, a nivel regional, con costos injustos, justificado por la informalidad de la negociación entre el campesino y, generalmente, el intermediario.

El número de hogares para México en el año 2018 fue de 34,744.818 mismos que agruparon una población de 125,091,790 habitantes. De ese total, 39.16% de la población se ubicó en localidades rurales y 60.84% en urbanas; mientras que, a nivel de los hogares, 37.13% fueron rurales y 62.87% urbanos. Llama la atención una similitud de estas proporciones, sin embargo, las condiciones adversas de bienestar se concentran en donde se encuentran las familias campesinas de las localidades rurales [10], en donde las decisiones de sustento, se concentra en el seno familiar. Las estrategias de sustento están relacionadas con las decisiones, acciones y objetivos implementados por integrantes de los hogares para asegurar su sobrevivencia [11]. El concepto de estrategia campesina se refiere a las prácticas de sobrevivencia locales entrelazadas con la esfera económica, política, social y cultural del hogar campesino, que además recrean la vida comunitaria [12]. Estas estrategias campesinas pueden comprender las prácticas de mercado encaminadas a la producción-venta y aquellas asociadas con la subsistencia, como la elaboración de alimentos para autoconsumo. Las estrategias de producción social diferenciadas por género son fundamentales para la actividad agrícola-familiar, ya que posibilitan la producción, comercialización entre diversos mercados de consumo [11]. En tal sentido, los hogares campesinos mantienen una actividad y economía diversa, en la cual recrean e interactúan en diversas formas de trabajos, como pueden ser de negociación, preparación, administración, y relación con los clientes con los que sostienen a sus familias [13].

En las actividades agrícolas el trabajo puede ser remunerado y no remunerado, en donde la propiedad puede ser privada o ejidal. Por otra parte, el acceso a créditos, no es exclusivo de banca comercial, sino, por ejemplo, en mayor posibilidad se realiza a través de las cajas de ahorro y/o cooperativas tratando de ser insertadas en procesos de comercio justo. En el mejor de los casos, los campesinos realizan negociaciones con los intermediarios regionales y en mercados alternativos donde se privilegia la venta directa.

La agricultura familiar se puede subdividir en tres categorías: agricultura familiar empresarial, agricultura familiar en transición y economía campesina. En la primera, la producción rebasa las 50 hectáreas, con un ciclo productivo de riego. En esta economía, la labor productiva es auxiliada a través de herramientas básicas, animales de tiro, maquinaria y procesos industriales; la producción se destina en mayor medida a la venta nacional e internacional. En la agricultura familiar de transición, la producción se destina una parte al autoconsumo y la otra a la venta, y se cuenta con una extensión de tierra que no rebasa las 49 hectáreas, a través de un ciclo combinado de temporal y riego; además los campesinos pueden apoyarse de herramientas básicas, animales de tiro y ocasionalmente maquinaria agrícola. En la economía campesina, la propiedad, la gestión y el trabajo son proporcionados por miembros de la familia; la producción se destina al autoconsumo, en su mayoría, la extensión de terrenos no rebasa las nueve hectáreas; utiliza un ciclo productivo de temporal completamente y emplea animales de tiro y herramientas básicas agrícolas; diversifica sus actividades agrícolas y no agrícolas, con el propósito de generar un ingreso que complemente el sustento familiar [14].

La Economía Campesina (EC) como unidad económica tiene como objetivo satisfacer las necesidades de consumo del núcleo familiar e intercambiar sus excedentes de producción [15], más que la acumulación de algún ingreso monetario por la venta de sus cosechas. Para lograr lo anterior, sus integrantes diversifican sus actividades, con la intención de procurar el gasto familiar. La diversificación puede ser a partir del trabajo agrícola como la crianza de animales, o bien, ajenas al campo, incluido el trabajo temporal, el comercio, la elaboración de artesanías, entre otras actividades familiares temporales. El trabajo está asignado por los miembros de la familia. La EC vista como una estructura de empresa familiar, está conformada por tres elementos: familia, control y propiedad [16]. Esta empresa, requiere gestionar sus recursos para lograr los objetivos económicos del negocio y los familiares. Es decir, implica el uso de la actividad agrícola como medio para cubrir sus necesidades básicas, para salvaguardar los intereses de la familia, y la generación del recurso económico. El recurso económico se refiere al dinero destinado a la producción agrícola, el mantenimiento del cultivo y/o actividad pecuaria, así como para el sostenimiento familiar de sus necesidades básicas. Los recursos materiales son bienes tangibles e intangibles necesarios para la actividad agrícola, como puede ser: las herramientas, maquinaria, instalaciones, transporte, y la asistencia técnica especializada [14].

Las investigaciones sobre la realidad de la actividad agrícola familiar son comunes y escasas en su caracterización. Este umbral aumenta al tratar de comprender las unidades económicas de las zonas rurales, en donde existen pocos estudios sobre la realidad de los agricultores, y el periodo entre cada uno de estos estudios es amplio. Sin embargo, pueden rescatarse las siguientes características de este modelo de Economía Campesina:

- La EC está conformada por un núcleo familiar. La familia proporciona y administra las tierras, el dinero y los recursos.
- La producción es destinada principalmente al consumo familiar, y otra parte es para la crianza del ganado, generalmente vacuno, porcino y caprino, así como la crianza de aves y patos.
- Sólo se venden o intercambian productos si alguien de la comunidad los necesita.
- Los terrenos no rebasan las nueve hectáreas.
- Se tienen herramientas básicas de trabajo agrícola, y en lo general improvisadas, y se auxilia de animales de tiro para preparar la tierra.
- Además de la siembra, se dedica a la crianza de animales y comercialización de productos derivados del campo con valor agregado, como pueden ser las conservas de alimentos, algunos derivados lácteos, y en pocas ocasiones, como alimento urbano, como puede ser frutos hervidos, entre otros alimentos típicos de la región.

El autoconsumo como una forma de sostenimiento entre las familias campesinas se conceptualiza como parte de un modelo tradicional de producción y consumo en permanente transformación en los países en desarrollo, sobre todo por su carácter como sector primario y su correlación con las condiciones de crisis económica y pobreza que enfrentan estas familias [17]. Este tema ha sido de interés académico y de política social, elevando a los huertos traspatio como estrategia de sobrevivencia para estos hogares [18].

En este campo de estudio, la literatura agrícola ha reportado que el ambiente natural de una región determina muchas de las características y capacidades alimentarias de la población que la habita, por ejemplo, el tipo de producción agrícola con mayor rentabilidad para su producción intensiva o en ambientes controlados (invernaderos), así como su temporalidad de cultivo y cosecha. A estos factores influyen también, la capacidad productiva de las tierras de cultivo, y el tipo de tecnología necesaria para desarrollar una agricultura eficiente. Sin este último factor, el ambiente natural de una región define en gran medida los problemas de la rentabilidad agrícola para que los grupos humanos puedan enfocarse y asentar la práctica agrícola en un territorio [19]. Ante esto, el huerto de traspatio ha resurgido incluso, como una práctica privilegiada de algunas comunidades, y que hoy en día, cada vez más toma mayor importancia como una estrategia de autosuficiencia para lograr la soberanía alimentaria [20].

Algunos trabajos que reflejan el impulso de la producción agrícola traspatio como una estrategia para incorporar la producción agrícola familiar a las cadenas alimentarias, por ejemplo, han propuesto la creación de centros de acopio [21]; la gestión de cadenas de productivas [22], entre otros estudios para potencializar regiones marginadas como se reporta en [23] con el objetivo de impulsar la economía de las comunidades.

En cultivo de traspatio es fuente de productos de hortalizas, especias, plantas medicinales, fruto exótico y tradicionales, productos avícolas, lácteos y/o de carne estabulada, la cual puede ser compartida entre grupos familiares. En este contexto, el impacto económico que tendría esta actividad entre y para los productores rurales, puede mencionarse.

- Reducción de la incertidumbre de precios de los productos agrícolas.
- Impulsar la rentabilidad de las pequeñas y medianas explotaciones.
- Incrementar la recirculación de ingresos comunitarios.
- Generación de auto-empleo local en zonas rurales.
- Mejorar la relación colaborativa entre sectores rurales y familiares.
- Incrementar de la calidad de la producción de alimentos.
- Contribuir a la seguridad alimentaria mexicana.

Dentro del impacto social se puede considerar lo siguiente:

- Relaciones más directas entre productores y consumidores.
- Mejorar la confianza dentro de la cadena de valor.
- Fomentar la inclusión social.
- Contribuir al desarrollo rural (particularmente en áreas marginales).
- Despertar el sentido de comunidad.
- Fomentar la educación comunitaria.
- Mayor reconocimiento de productores.

Dentro del impacto ambiental, puede propiciarse la:

- Reducción del uso de recursos (como combustibles fósiles o envases de plástico).
- Reducción del desperdicio de alimentos por efecto de su manipulación.

- Promoción de métodos de producción menos contaminantes (por ejemplo, agricultura orgánica).
- Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- Reducción del uso de energía.

Estas características resaltan a las cadenas de suministro cortas para establecer relaciones locales entre productores y consumidores, y con ello reducir a los intermediarios, que por su actividad incrementan la longitud, y por ende el costo y tiempo de abastecimiento en las cadenas alimentarias.

3. CONCLUSIONES

De este estudio, se desprende que el esquema de la soberanía alimentaria entre los hogares campesinos en Latinoamérica presenta similitud con el esquema rural de la organización agrícola-familiar; en donde la producción de autoconsumo aporta no sólo el logro de la seguridad alimentaria en el hogar rural, sino también autonomía para reproducir las condiciones de producción traspatio entre las familias campesinas. La capacidad de las familias rurales de producir su propio alimento ha sido olvidada por ellas mismas, al tener la facilidad de conseguir sus suministros básicos por la gestión tradicional de las cadenas de suministro de bienes y alimentos. Ahora bien, la actual situación de emergencia sanitaria, ha reactivado la importancia de la economía campesina al tener la capacidad de producir alimentos frescos reduciendo el tiempo de disponibilidad y el riesgo de contaminación que se genera entre la interacción de los diversos actores de la cadena de suministro. Por lo que, se resalta la importancia que el propio campesino produzca su propio alimento, a pesar de la reducida atención político-social que se le ha dado al campo agrícola, y aunado al actual contexto de los modelos de negocio post COVID-19, se ha acentuado la importancia que tiene para las comunidades emergentes las cadenas de suministro cortas para desarrollarse en el presente como sistemas sustentables, que resuelvan las necesidades de una población en crecimiento.

Resulta importante, aun y cuando pareciera del conocimiento general, estudiar el nivel de autoconsumo post COVID-19 de las comunidades emergentes con el objetivo de medir la fragilidad o riesgo de autoabastecimiento que enfrentan las comunidades rurales para establecer su correlación con los modelos económicos de cada país.

4. REFERENCIAS.

- [1] M. Herrera y J. Oriuela, «Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: Un enfoque desde la dinámica de sistemas,» *Ingeniería*, vol. 19, n° 2, pp. 63-84, 2014.
- [2] L. F. Callejas Jaramillo y K. C. Álvarez Uribe, «Trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria: Un estudio bibliométrico,» *Revista CIES*, vol. 11, n° 2, pp. 277-297, 2020.
- [3] G. Fernández Lambert, A. A. Aguilar Lasserre, C. Azzaro Pantel, M. A. Miranda Ackerman, R. Purroy Vázquez y M. R. Pérez Salazar, «Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia tanaka*) in the seasonal orchard,» *Computer Electronic Agricultural*, vol. 116, pp. 162-172, 2016.
- [4] S. Deller, L. D. y S. M., «Local foods systems and community economic development,» *Commu, Dev.*, pp. 48612-48638, 2017.
- [5] J. Jaramillo Villanueva, J. Morales Jiménez y V. Domínguez Torres, «Economic importance of the backyard and its relation to food security in communities of high marginalization in Puebla, Mexico.,» *Agroproductividad*, vol. 10, pp. 27-32, 2017.
- [6] L. F. Callejas Jaramillo y K. C. Álvarez Uribe, «Trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria: Un estudio bibliométrico,» *Revista CIES*, vol. 11, n° 2, pp. 277-297, 2020.
- [7] S. M. Al Tuwaijri, S. G. R. V. Saadat, L. B. Rawlings y H. Bixi, «Protecting People and Economies : Integrated Policy Responses to COVID-19,» Washington, D.C. : World Bank Group., Washington, D.C., 2020.
- [8] O. a. F. a. A. O. o. t. U. Nations, «OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030,» OECD and FAO Secretariats, New York, 05 Jul 2021.
- [9] B. R. G., I. C. C. Azevedo y B. Caulfie, «Assessing the spatial burden in health care accessibility of low-income families in rural Northeast Brazil,» *Journal of Transport and Health*, vol. 14, n° Sep. 2019, p. 100595, 2019.
- [10] G. Aboites Manrique , G. Félix Verduzco y D. Castro Lugo, «La seguridad alimentaria y su relación con la suficiencia e incertidumbre del ingreso análisis desde la percepción de los hogares,» *Acta Universitaria*, vol. 28, n° 4, pp. 74-86, 2018 .
- [11] J. Soto, D. González y M. Carrillo , «El café en la Otomí-Tepehua: estrategias campesinas y cadenas globales de valor en México, 2017-2018,» *Revista Científica de Estudios Urbano Regionales Hatsö-Hnini,»* *Revista Científica de Estudios Urbano Regionales*, vol. 1, n° 3, pp. 3-48, 2020.
- [12] A. Sabás Vásquez, E. Quintanar Guadarram y B. Lutz Bachere, «Heterogeneidad en las prácticas agrarias como estrategia de adaptación a los procesos globales. Caso de Santa Cruz

- (Chilapa, Guerrero, México),» *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, vol. 2009, n° 50, pp. 79-106, 2009.
- [13] J. K. Gibson-Graham, J. Cameron y S. Healy, *Take back the economy: An ethical guide for transforming our communities*, Mminnesota: Ed. Univ. of Minnesota Press, 2013, p. 264.
- [14] F. Baldazo Molotla, M. Marcelino Aranda, L. Domínguez Aguirre y D. Camacho A., «From the peasant economy to the management of a family microenterprise: A case study in Tepotzotlán, State of Mexico.,» *Textual*, vol. 2020, n° 75, pp. 107-130, 2020.
- [15] D. A. Escobar Moreno, «Plantas y semillas, nuevos recursos de protección legal agraria para los ejidos y comunidades de México (el caso del maíz),» *Estudios Agrarios*, vol. 13, n° 34, pp. 9-52, 2007.
- [16] H. A. Arenas Cardona y D. Rico Balvin, «La empresa familiar, el protocolo y la sucesión familiar,» *Estudios Gerenciales*, vol. 30, n° 132, pp. 252-258, 2014.
- [17] J. Jaramillo-Villanueva, J. Morales-Jiménez y V. Domínguez Torres, «Economic importance of the backyard and its relation to food security in communities of high marginalization in Puebla, Mexico.,» *Agroproductividad*, vol. 2017, n° 10, pp. 27-32, 2017.
- [18] G. Aboites Manrique, G. Felix Verduzco y D. Castro Lugo, «La seguridad alimentaria y su relación con la suficiencia e incertidumbre del ingreso: Un análisis desde la percepción de los hogares,» *Acta universitaria*, vol. 28, n° 4, pp. 74-86, 2018.
- [19] L. O. Navarrete Zendejas, «Estrategias contra el hambre en Yucatán: Una mirada histórica al problema alimentario,» *Península*, vol. XV, n° 2, pp. 55-72, 2020.
- [20] J. Xiao Qiang, Z. Hong Yan, M. Wen Qi, W. Chong, L. Xiao-lin y Z. Fu Suo, «Science and technology backyard: A novel model for technology innovation and agriculture transformation towards sustainable intensification.,» *J. Integr. Agric.*, vol. 18, n° 8, pp. 1657-1666, 2019.
- [21] F. Sánchez Galvan, H. Bautista Santos, J. L. Martínez Flores, D. Sánchez Partida, A. d. R. Ireta Paredes y G. Fernández Lambert, «Backyard Agricultural Production as a Strategy for Strengthening Local Economy: The Case of Chontla and Tempoal, Mexico,» *Sustainability*, vol. 11, n° 19, pp. 1-13, 2019.
- [22] M. Barajas Rodríguez, N. I. Soto Núñez, A. Escudero Barrenechea, F. Sánchez Galván, Q. Hernández Santiago y H. Bautista Santos, «Analysis of the supply chain of cempasúchil flower (*Tagetes erecta* L.): Case study,» *Agroproductividad*, vol. 13, n° 3, pp. 65-70, 2020.
- [23] N. I. Soto Núñez, A. Escudero Berrenechea, F. Sánchez Galván y H. Bautista Santos, «Potencial económico de agricultura de traspatio a partir de un sistema de información geográfica en una microrregión de Tantoyuca, Veracruz,» *Revista EDUCATECNOCENCIA*, vol. 27, n° 2, pp. 195-217, 2020.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto r8hpu7(11371); así como por la Beca CONACYT 968385 para los estudios de Maestría en Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México-Campus Misantla.

Área

E



Innovación.
Gestión de
Productos.
Emprendedorismo
Ingeniería
Industria

	Título del Trabajo	Código
	Estudio de mercado en la formulación y evaluación de proyectos en épocas de pandemia y post pandemia	CO21-E01
	Optimización de la producción textil animal: estudio de viabilidad técnico-económica	CO21-E02
	Análisis de la condición emprendedora de la Universidad Nacional del Litoral. Aplicación de un modelo desarrollado en colaboración internacional	CO21-E03
	Diseño de equipo para grabación de piezas metálicas	CO21-E05
	Nuevas tecnologías en el diseño de envases: plásticos biodegradables y envases inteligentes. Una revisión de la literatura	CO21-E06
	Solución de Problemas Mediante TRIZ	CO21-E07
	Validez factorial y consistencia del instrumento aplicado para determinar el emprendedurismo estudiantil universitario.	CO21-E08
	Modelado de espumas metálicas para su aplicación en aspas de aerogeneradores	CO21-E09
	Educando desde la energía	CO21-E10
	Optimización topológica en el diseño mecánico	CO21-E11
	Confiabilidad sísmica en tanques típicos de la industria vitivinícola local equipados con sistemas de aislamiento sísmico	CO21-E14
	Análisis de viabilidad técnica para el uso de cobots en pymes manufactureras: un caso de estudio	CO21-E15
	Construyendo hoy el futuro sustentable con paneles aislantes	CO21-E16
	Análisis de la factibilidad del uso de Hidrógeno en turbina a gas KingTech K-100	CO21-E17
	Máquinas con Soporte Vectorial para estudiar el riesgo crediticio en los Microcréditos en el Perú	CO21-E23
	Uso de nanopartículas de plata para el desarrollo de textiles funcionales	CO21-E24
	Simulación de laminación de tubos sin costura: Paso Peregrino y Trefilado	CO21-E26
	Adaptación de lámparas LED comerciales estándar de 14W para ser dimerizadas	CO21-E27
	Las dimensiones que determinan el emprendimiento corporativo de los estudiantes universitarios de la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora, México.	CO21-E28
	Diseño de nuevos productos centrado en la sustentabilidad: caso de estudio del sistema de recolección de heces caninas	CO21-E29

Estudio de mercado en la formulación y evaluación de proyectos en épocas de pandemia y post pandemia.

Couselo, Romina; Williams, Eduardo; Pendón, Manuela; Cibeira Natalia; Santos, Flavia

^{1, 2, 3, 4}Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.
romina.couselo@ing.unlp.edu.ar.

RESUMEN

La pandemia afecta y afectará a las industrias, en las condiciones de mercado y oportunidades de negocio, en los cuidados que los trabajadores deben tener, en la forma de trabajar y planear la producción, por mencionar solo algunos aspectos. Estos cambios darán lugar a proyectos, mayormente de empresas en marcha, pero también de nuevos negocios.

El objetivo es analizar qué variables de la formulación y evaluación de proyectos se ven o verán afectadas a través de la viabilidad estudio de mercado en el contexto de pandemia y post pandemia y su impacto.

Para cumplir con el objetivo, se analiza el mercado consumidor, proveedor, distribuidor, competidor y de productos sustitutos, como así también las salidas del estudio de mercado en el contexto de pandemia y post pandemia.

Es tiempo de que las empresas utilicen este momento de pandemia para redefinir sus estrategias y volver a realiza un estudio de comportamiento de sus consumidores para adaptarse y anticiparse a los cambios del mercado; y que los emprendedores puedan detectar problemas u oportunidades que ofrece el mercado.

Palabras Clave: Mercados, Pandemia, Proyectos, Consumidor

ABSTRACT

The pandemic affects and will affect industries, in market conditions and business opportunities, in the care that workers must take, in the way of working and planning production, to mention just a few aspects. These changes will give rise to projects, mostly for ongoing companies, but also for new businesses.

The objective is to analyze which variables of project formulation and evaluation are or will be affected through the feasibility of market research in the pandemic and post-pandemic context and its impact.

To meet the objective, the consumer, supplier, distributor, competitor and substitute product markets are analyzed, as well as the outputs of the market study in the context of pandemic and post-pandemic of industrial companies in the city of La Plata and surrounding areas, capital of the Province of Buenos Aires in Argentina.

It is time for companies to use this moment of pandemic to redefine their strategies and redo a study of consumer behavior to adapt and anticipate market changes; and for entrepreneurs to detect problems or opportunities offered by the market.

Keywords: Markets, Pandemic, Projects, Consumer

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Cómo impactará el COVID19 en los escenarios de pandemia y post pandemia?

Esta pandemia cambió radicalmente nuestras vidas y la de las empresas. Haciendo un análisis, se pueden identificar dos fases en esta crisis: una de reactivación y de convivencia con el virus y otra cuando la población esté vacunada.

- La etapa de reactivación es la que se está viviendo en este momento: “convivir” con un virus. En esta etapa se mantienen algunas o muchas restricciones a las actividades económicas, sociales y la economía funciona “a media marcha”, con diferencias entre sectores. Abriendo o cerrando estas restricciones de acuerdo al avance del virus y la capacidad de los sistemas de salud.

- La segunda etapa se dará cuando esté disponible la vacuna para combatir el virus y la población cuente con ella.

Tendrá lugar cuando no haya peligro de contagio e implicará una nueva realidad económica y social. Esa realidad será distinta en cada país según la duración e intensidad de la primera etapa, las medidas económicas y sociales que se hayan tomado y las capacidades institucionales, productivas y tecnológicas acumuladas. Además, habrá cambios en el escenario económico y político internacional, puesto que los países entrarán a las fases en diferentes momentos y en condiciones distintas.

Se debe destacar que es un momento crítico para muchos sectores industriales y de la economía en general. En gran parte de ellos la demanda se vio seriamente afectada, pero, por otro lado, otros sectores han visto grandes oportunidades de expansión. Por lo que es de suma importancia analizar los efectos de la pandemia en los distintos proyectos y las oportunidades que se presentan dentro del estudio de mercado.

2. OBJETIVO

El objetivo es analizar qué variables de la formulación y evaluación de proyectos se ven o verán afectadas a través de la viabilidad estudio de mercado en el contexto de pandemia y post pandemia.

3. ALCANCE

Para cumplir con el objetivo se analiza el mercado consumidor, proveedor, distribuidor, competidor y de productos sustitutos, como así también las salidas del estudio de mercado en el contexto de pandemia y post pandemia.

Se utiliza información secundaria y cualitativa para el análisis de estudio, de publicaciones, bibliografía, entrevistas con emprendedores y empresas industriales de la región de la ciudad de La Plata y alrededores.

Se toma el período 2020.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Estudio de mercado en la Formulación y Evaluación de Proyectos (FyEP).

Pueden encontrarse diferentes definiciones de proyectos, desde la ingeniería se podría definir como la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantos una necesidad humana. El proyecto surge como respuesta a una idea que busca la solución de un problema o la manera de aprovechar una oportunidad de negocio. [1]

El ciclo de vida de un proyecto es el proceso por el que atraviesa aquél desde que se estudia su conveniencia hasta que está operando. Se compone de tres etapas: pre-inversión, inversión y operación.

En la pre inversión se desarrollan las tareas de diagnóstico, formulación, evaluación ex-ante y programación. En la etapa de inversión, se reconocen las etapas de diseño y ejecución. Se ejecuta la inversión propiamente dicha. La etapa de operación comienza con las actividades de producción y distribución de los bienes o servicios que continúan con la operación plena.

Dentro de la primera etapa, de la pre inversión, se encuentran el estudio de formulación y evaluación del proyecto, el cual a su vez puede componerse de cuatro sub etapas según el nivel de profundidad, cantidad y calidad de información, aunque su división no es un límite estricto. Estas son: Idea, Perfil, Prefactibilidad y Factibilidad.

Al más simple se le llama perfil, gran visión o identificación de la idea, el cual se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia. En términos monetarios sólo presenta cálculos globales de las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones de terreno. El siguiente nivel se denomina estudio de prefactibilidad o anteproyecto. Este estudio profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión. El nivel más profundo y final es conocido como proyecto definitivo. Contiene toda la información del anteproyecto, pero aquí son tratados los puntos finos; no sólo deben presentarse los canales de comercialización más adecuados para el producto, sino que deberá presentarse una

lista de contratos de venta ya establecidos; se deben actualizar y preparar por escrito las cotizaciones de la inversión, presentarlos planos arquitectónicos de la construcción, etc. La información presentada en el proyecto definitivo no debe alterar la decisión tomada respecto a la inversión, siempre que los cálculos hechos en el anteproyecto sean confiables y hayan sido bien evaluados. [2]

Por lo que la formulación y evaluación de proyectos, o análisis de pre inversión, puede realizarse con diferentes niveles de profundidad según la necesidad y la disponibilidad de recursos con lo que se cuente. Se trata de un proceso iterativo, donde el evaluador debe, de forma juiciosa, profundizar tanto como sea necesario para disminuir la incertidumbre del inversor y a la vez hacer un uso eficiente de los recursos.

La preparación de un proyecto puede realizarse a través de su estudio desde distintas perspectivas a través de las cuales se concluirá sobre su viabilidad. De esta forma, la evaluación del mercado determinará la viabilidad comercial del proyecto, la evaluación de sus aspectos técnicos, determinará la viabilidad técnica del mismo y así con cada uno de los estudios: organizacional, legal, ambiental y económica financiera. La suma de todas las viabilidades determinará la factibilidad del proyecto a partir de la cual podrá elaborarse un informe de factibilidad y su plan de negocio.



Figura 1: Esquema de la Formulación y Evaluación de Proyectos.

Dentro de la formulación y evaluación de proyectos, el estudio de mercado se encuentra en la etapa de obtención de información para poder cumplir con el objetivo del mismo y servir para alimentar a las variables que conforman el flujo de fondos del proyecto y así poder determinar si es rentable o no.

4.1.1. Objetivo del Estudio de Mercado

El objetivo del estudio de mercado, es conocer el mercado en el que se insertará el proyecto y las distintas fuerzas que operan en él. Además de demostrar que existe demanda para que el producto del proyecto justifique su puesta en marcha. Y recopilación de la información de carácter económico que repercuta en la composición del flujo de fondos del proyecto.

4.1.2. Mercado Consumidor, Distribuidor, Competidor, Proveedor y de Bienes Sustitutos

Para lograr el objetivo del estudio de mercado se definen 5 mercados a saber:

El Mercado Consumidor, cuyo objetivo es demostrar que existe un grupo de consumidores dispuestos a adquirir el producto que va a ofrecer el proyecto.

Otro de los mercados a analizar es el Proveedor, con el objetivo de identificar a las empresas que ofrecen los insumos necesarios en el proceso productivo del proyecto.

Dentro del análisis del Mercado Distribuidor, se deberá definir el tipo de distribución y los canales de comercialización del producto. Se deberá definir el costo de distribución en todos los casos ya que son factores importantes que se deben considerar porque son determinantes en el precio al que llegará el producto al consumidor y por lo tanto en la demanda que deberá enfrentar el proyecto.

Los medios de llegada al cliente, que puede ser por distribución propia (internet, catálogo, domicilio, in situ); por distribución por terceros (mayoristas, minoristas, almacenes, etc.) o distribución mixta.

Además, se debe tener en cuenta en qué eslabón de la cadena productiva se encuentra, si llega directamente al consumidor final entonces es una distribución directa (el cliente es el consumidor final del producto) o una distribución indirecta donde el cliente es un mayorista o comerciante del producto.

El evaluador debe conocer el mercado Competidor, su funcionamiento o comportamiento de empresas similares y, además, ayudar a definir una estrategia comercial competitiva con ellas. Por lo que el objetivo, es identificar las empresas que ofrecen, o pueden ofrecer en el futuro, el

producto o servicio del proyecto que se quiere implementar, para conocer y anticipar la posible reacción ante la entrada del nuevo proyecto.

En caso que el producto o servicio tenga un mercado de bienes sustitutos, dado por aquellos bienes que satisfacen una necesidad similar a la del bien del proyecto y en la que el consumidor podrá optar por el consumo de ellos en lugar de consumir el bien del proyecto, por ejemplo, si éste subiera de precio; se debe conocer el funcionamiento de las empresas similares a las que se instalarían con el proyecto y ayudarlo a definir una estrategia comercial competitiva con ellas. Por lo que el objetivo es identificar las empresas que ofrecen productos o servicios que podrían sustituir los ofrecidos por el proyecto a desarrollar ante un cambio en la demanda.

El análisis de los mercados consumidor, competidor, distribuidor, proveedor y de bienes sustitutos sumado un análisis de las amenazas y oportunidades del mercado más las fortalezas y debilidades internas, precisan el Posicionamiento que ayuda a determinar las salidas o variables claves del estudio de mercado que son: la característica del producto, la cantidad a vender, el precio del producto o servicio y la estrategia comercial. Y lograr así cumplir con el objetivo del estudio de mercado de conocer el mercado en el que se insertará el proyecto y las distintas fuerzas que operan en él, de poder demostrar que existe demanda para el producto del proyecto que justifique su puesta en marcha y la recopilación de información de carácter económico que repercuta en la composición del flujo de fondos del proyecto.

4.1.3. Salidas del Estudio de Mercado en la FyEP

El objetivo principal o elementos de salida del mismo que tendrá el estudio de mercado, será determinar: el Precios de los productos/servicios, la Cantidad a vender, las Características de los productos/servicios, y la Estrategia.

4.1.3.1. El Precio como una de las salidas del estudio de mercado.

Existen dos caminos principales para fijar el precio de un producto: atendiendo a factores internos a la propia empresa, esto es a partir de su costo de fabricación y atendiendo a factores externos a la misma, es decir a partir del mercado lo que a su vez implica considerar factores tales como la demanda, la percepción de los clientes o la competencia.

Para establecer el precio, la empresa, se tener en cuenta:

- El posicionamiento del producto o servicio precio percibido por los compradores.
- Los factores internos de la propia empresa: Costos y rentabilidad perseguida.
- Factores externos a la empresa: actuación de la competencia y características de los canales de distribución. [3]

4.1.3.2. La cantidad a vender es una salida del estudio de mercado.

Esta salida del estudio de mercado se debe a la determinación de la demanda del producto o servicio con el objetivo principal que se pretende alcanzar con el análisis de la demanda que es determinar los factores que afectan el comportamiento del mercado y las posibilidades reales de que el producto o servicio resultante del proyecto pueda participar efectivamente en ese mercado. El análisis de la demanda cuantifica el volumen de bienes o servicios que el consumidor podría adquirir de la producción del proyecto. La demanda se asocia con distintos niveles de precio y condiciones de venta, entre otros factores, y se proyecta en el tiempo, diferenciando claramente la demanda deseada, de la real. [3]

4.1.3.3. La estrategia comercial como salida del estudio de mercado

Se definirá la cadena de distribución, los canales de comercialización (en pandemia y post pandemia pueden cambiar, el gran ganador es el e-commerce), estrategia de venta con los clientes ¿cuál será la estrategia de venta con los clientes?, estrategia de compra con proveedores.

La estrategia comercial que se defina para el proyecto deberá basarse en cuatro decisiones fundamentales que influyen individual y globalmente en la composición del flujo de fondos del proyecto. Tales decisiones se refieren al producto, el precio, la promoción y la distribución. Cada uno de estos elementos estará condicionado, en parte, por los tres restantes. Así, por ejemplo, el precio que se defina, la promoción elegida y los canales de distribución seleccionados dependerán directamente de las características del producto. [3]

4.1.3.4. La característica del producto, una salida del estudio de mercado.

A diferencia del estudio técnico, el estudio de mercado debe abarcar no sólo las especificaciones técnicas de un producto, sino todos los atributos del mismo. O sea, su tamaño, marca, tipo de envase, logo, entre otras características a destacar.

Al evaluar un proyecto, el comportamiento esperado de las ventas pasa a constituirse en una de las variables más importantes en la composición del flujo de fondos y por consiguiente en la determinación de los indicadores de rentabilidad y rendimiento del proyecto. [3]

5. RESULTADOS

5.1. Investigación de mercado en pandemia

El impacto del COVID-19 en la investigación de mercados, será de dos formas: una, la investigación en forma presencial debe que ser reducida, en contexto de pandemia tendrá que cambiar a la investigación online (incluyendo los dispositivos móviles); y la otra, se reducirá el trabajo en oficinas y aumentará el Home Office, lo que quiere decir que se realizarán más encuestas desde casa.

Frente a esta situación de pandemia, las empresas necesitan realizar un análisis de mercado más estratégico. Gracias a él, podrán estudiar a la competencia y los patrones de consumo de los nuevos clientes con el objetivo de construir estrategias de marketing más efectivas. Para realizar un análisis de mercado en medio de esta coyuntura, se puede pensar en determinar: el propósito a seguir, son diversos los motivos que pueden llevar a una empresa a realizar un estudio de mercado, ya sea la posibilidad de abrir un negocio nuevo en un mercado desconocido o actualizar la información sobre la nueva competencia o un proyecto de empresa en marcha de internalización o externalización de un producto o proceso productivo, entre otros. El estudio de mercado le permitirá conocer el tipo de estrategia a implementar, los potenciales consumidores, definir el producto, determinar un precio competitivo y cantidades a producir y vender.

Se debería investigar el nuevo estado de la industria sabiendo que la pandemia ha afectado la industria nacional. Por ello, es importante incluir un esquema del impacto del COVID-19 en el sector al que se desea apuntar. Es necesario definir el comportamiento del sector en el cual se llevará adelante el proyecto.

Con la llegada de la pandemia, muchos negocios han migrado al mundo digital, por lo que es necesario considerar a las redes sociales en este análisis. Entre las principales herramientas de análisis digital se pueden encontrar aquellas que permiten comparar el desempeño de una marca con sus competidores en Facebook e Instagram, las que permite medir el compromiso e interacción de los usuarios de la competencia en Instagram, o aquellas que alerta sobre las actualizaciones de los competidores en redes sociales y determina los más usados por las competencias.

5.2. Los resultados arrojados del estudio de cada uno de los mercados en pandemia y post pandemia fueron los siguientes:

5.2.1. Mercado consumidor.

El análisis del consumidor es caracterizar a los consumidores actuales y potenciales, identificando sus preferencias, hábitos de consumo, motivaciones, comportamientos, para obtener un perfil sobre el cual pueda basarse la estrategia comercial.

Se trata de conocer al CONSUMIDOR ¿Quién, ¿Cómo, ¿Cuándo y Por Qué compra?

En el contexto de pandemia se profundizan los cambios en el comportamiento, hábitos y patrones de consumo de los consumidores y del comportamiento del mercado. Incluso, la investigación de mercado ha sido impactada por estos cambios. La incertidumbre ha hecho que algunas empresas busquen la mejor forma de invertir en investigación y las mejores prácticas de captura de datos para definir el comportamiento de sus consumidores y del mercado.

Por lo tanto, es el momento de comenzar a hacer los ajustes necesarios para que las empresas no solo sobrevivan a la situación actual, sino que estén bien posicionadas para el futuro próximo. En este sentido, la investigación de mercado es un gran aliado. Es crucial que las organizaciones se enfoquen en la recopilación periódica de datos para que puedan comprender las nuevas prioridades de los clientes.

¿Por qué es necesario implementar ajustes? Para comprender el comportamiento del entorno. Los ajustes ayudarán a las empresas a obtener información y datos para evaluar y comprender el impacto del COVID-19 en su mercado. Con esta información podrán adaptar sus mensajes y ofertas de acuerdo como se vaya moviendo el mercado.

¿Cómo cambió el mercado? El impacto fue, es y será muy grande. Realmente se puede decir que habrá un antes y un después Covid-19. Definitivamente en esta nueva era post Covid.19 hay un consumidor con nuevos hábitos que tendrán algunas características como ser:

- El adiós al efectivo, priorizando medios de pago digitales, contactless y/o QR.
- Evitarán las aglomeraciones.
- Su smartphone será una extensión más de su cuerpo.
- Tendrá un nuevo look y una nueva indumentaria donde los barbijos y otros accesorios estarán de moda.
- Vivirán en "Modo Cuidado Personal" y será hasta un poco obsesivo de la limpieza.
- Activará constantemente el "Modo Teleconferencias," evitando todo tipo de reuniones y el home office serán cada vez más cotidiano.

Todas estas características tendrán un peso importante a la hora de tomar la decisión de donde satisfacer la necesidad de productos o servicios.

Es claro que están cambiando los hábitos de consumo y con ello se está configurando un nuevo escenario para el comercio electrónico y nuevas oportunidades para las empresas.

Es tiempo que las empresas utilicen, este momento de pandemia, para redefinir sus estrategias y volver a realiza un estudio de comportamiento de sus consumidores para adaptarse y anticiparse a los cambios de los consumidores y el mercado.

5.2.1.1. Comportamiento del mercado en pandemia, los productos que más se vendieron.

Las categorías que no eran representativas para el comercio electrónico se volvieron esenciales para los consumidores que compraban en cuarentena. Los artículos relacionados al cuidado de la salud y prevención del Covid-19 fueron la prioridad de los consumidores y lideraron el ranking de los productos más vendidos.

Analizando los primeros meses de cuarentena, la categoría de “Entretenimiento y Fitness” registró un crecimiento del 61% a nivel regional. Desde mediados del mes de mayo, en todos los países, comienza una tendencia en la compra de productos para entrenar desde la casa; entre los más destacados se encuentran: mats de yoga, colchonetas, pesas, elásticos y mancuernas. [4]

Desde el mes de marzo del año 2021, junto con la pandemia y el inicio del aislamiento social, preventivo y obligatorio, se transformaron por completo los hábitos de consumo de los argentinos. Al igual que en el resto de los países, se dispararon las ventas de Barbijos y Alcohol en gel, convirtiéndose en los productos más vendidos. [4]

En el top de los productos más vendidos en 2020 surgen: Tapabocas, Alcohol en spray, Celulares, Colchoneta de Gimnasia y Pañales.

Asimismo, la cuarentena potenció las ventas de productos de consumo masivo: Mopa y Pañales se posicionaron entre los más vendidos del mes de abril. Mientras que, el consumidor esté en su casa, potenció el crecimiento de categorías como Juegos de Mesa, Fitness y Musculación, Consolas y Videojuegos. Entre las categorías que más crecieron en el año aparecen los presentados en el Gráfico 1.

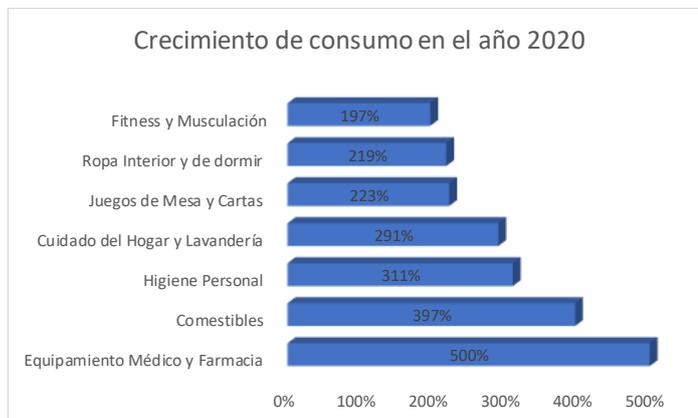


Gráfico N°1. Crecimiento en el consumo del año 2020. Elaboración propia. Fuente: Mercado Libre

El último período del año (diciembre 2020), presenta un crecimiento en la compra de productos relacionados a Navidad. Las luces decorativas fueron uno de los productos más vendidos y, además, creció la compra de regalos como: “Patines y Patinetas”, “Accesorios para PC Gaming”, “Juguetes de Oficios” y “Bloques y Construcción”, registrando aumentos en ítems vendidos de más del 100% respecto a 2019. [4]

Otra fuente consultada proporciona la siguiente información presentada en el gráfico N°1 respecto a los productos de consumo masivo con mayor demanda a causa de la pandemia en el mes de marzo 2020. [5]

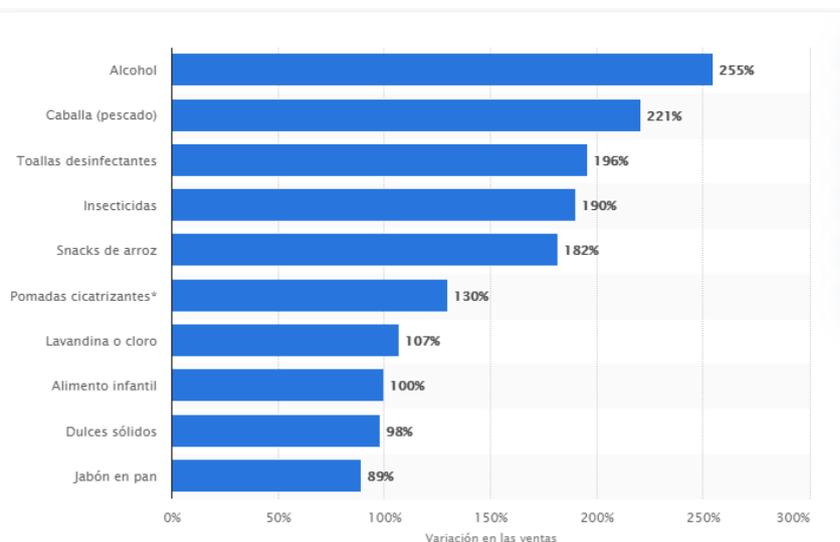


Gráfico N°2. Productos de consumo masivo con una mayor demanda a causa del coronavirus (COVID-19) en Argentina en marzo de 2020 Fuente: es.statista.com.

En una encuesta de datos internos de Mercado Libre, los 25 productos que más crecieron durante la pandemia en la Argentina (Crecimientos ponderados en unidades Período Covid-19 24/02 al 03/05/2020 versus mismo período en 2019) fueron: Cubrebocas/ barbijos 608%, Gel antibacterial 122%, Máscaras de seguridad 89%, Audífonos 86%, Lentes de seguridad 81%, Suplementos alimenticios 67%, Pañales 67%, Cartuchos de tinta 59%, Juegos de video 52%, Guantes desechables 51%, Artículos para escuela y oficina 41%, Juegos de mesa 41%, Bandas de resistencia 40%, Celulares 40%, Luces para pared y techo 36%, Cuidado facial 35%, Alcohol etílico 34%, Accesorios de moda 34%, Tintes y colorantes de cabello 34%, Cortinas y persianas 33%, Mancuernas 32%, Ropa de trabajo 32%, Cortadoras de cabello 30%, Mats de yoga 28%. Mouse 26%. [6]

5.2.2. Mercado proveedor

Los Factores a tener en cuenta en el momento de seleccionar los proveedores con que contará el proyecto son: precio, calidad y disponibilidad de los insumos.

-Precio: el precio de los insumos, de las materias primas, que ayudan a definir parte de los costos del proyecto además de influir en las inversiones iniciales y en el capital de trabajo del mismo.

-Calidad: se deberá determinar la calidad requerida de los insumos.

-Disponibilidad: la disponibilidad de los insumos se deduce de la capacidad productiva de toda la cadena.

La pandemia provoca que se deba validar la capacidad y fiabilidad de sus proveedores en caso de empresa en marcha. Además, puede suceder que los proveedores no tengan disponibilidad de productos por la reducción de sus actividades, por ejemplo. Lo que en algún momento pudo haberse asumido como estándar en el pasado reciente, no es tan claro en la “nueva normalidad”. Las relaciones a largo plazo y/o estratégicas, que implican contar con acuerdos de aprovisionamiento claramente definidos se estarían convirtiendo en las nuevas reglas de operación. Por lo que resulta importante para reducir y adelantarse a potenciales interrupciones puntuales en el abastecimiento.

El Instituto de Investigación de Capgemini que encuestó a 1.000 directivos o rangos superiores con responsabilidad en la cadena de suministro entre agosto y septiembre de 2020, asegura que más del 80% de las empresas declara que sus cadenas de suministro se han visto perjudicadas por la crisis de Covid-19, y una amplia mayoría ha experimentado dificultades en todos los aspectos de su operativa. La pandemia ha obligado a las organizaciones a priorizar la resiliencia de la cadena de suministro, y dos tercios (66%) afirman que su estrategia de cadena de suministro tendrá que cambiar considerablemente para adaptarse a la nueva normalidad. Tan solo el 14% de las empresas prevé que retomará su modelo operativo habitual. [7]

Este análisis señala que las empresas son cada vez más conscientes de la necesidad de incrementar la flexibilidad y agilidad de las cadenas de suministro para poder reaccionar y adaptarse con rapidez a las posibles disrupciones. De hecho, el 68% de las empresas afirman que la crisis actual las ha obligado a adaptar sus modelos de negocio, mientras que el 62% destaca como prioridad incrementar la resiliencia de la cadena de suministro tras la pandemia. [7]

Sin embargo, los obstáculos que plantea la pandemia también brindan oportunidades para que las empresas estructuren una cadena de suministro más resiliente, flexible y ágil que pueda captar disrupciones y crisis mundiales en el futuro.

Un 55% de las empresas ha tardado entre tres y seis meses en recuperarse de las interrupciones sufridas en la cadena de suministro durante el año 2020, mientras que el 13% prevé que tardará entre seis meses y un año en hacer lo propio. [7]

La diversificación de la cadena de suministro también constituye una de las prioridades: el 68% está invirtiendo en diversificar su base de proveedores y el 62% en diversificar su base manufacturera.

Sin embargo, este análisis ha identificado que tan solo un pequeño porcentaje dispone de una cadena de suministro con los niveles necesarios de agilidad (21%), optimización de los costes en toda la cadena (20%) y visibilidad (9%). [7]

Casi la mitad (47%) de las empresas están acelerando sus inversiones en la automatización y el 39%, en la robótica, si bien internet y la inteligencia artificial también figuran entre los principales ámbitos en los que se centran las empresas. [7]

Asimismo, más de tres cuartas partes de las empresas (77%) son conscientes de la necesidad de efectuar cambios y afirman estar acelerando sus inversiones en la sostenibilidad de la cadena de suministro a tres años vista, con la logística y la producción como segmentos prioritarios. [7]

5.2.3. Mercado distribuidor

Logística y acceso al producto. “¿Cómo llegar al mercado?” es otro de los desafíos que deberán responder las empresas.

La logística fue uno de los sectores que mejor reaccionó a la pandemia y eso fue clave para mantener el consumo en muchos sectores que se hubieran visto más afectados por las medidas de aislamiento que limitaron la venta tradicional en negocios.

En Argentina, como en el resto de la región, el e-commerce tomó un gran protagonismo para los compradores. Sólo hasta el tercer trimestre de 2020, se registraron más de 2 millones de nuevos usuarios. Por lo que el gran ganador fue “e-commerce” o comercio electrónico que creció más del 250%. [8]

Entre otros cambios, se podría observar una aceleración en la toma de decisiones en la gestión de las empresas, respecto a la forma de distribución, ya que con la pandemia algunos consumidores se dirigen directamente a los fabricantes.

La venta directa impulsó las suscripciones de compra on line, cambiando la forma tradicional de venta en negocios, estos cambios en medio de la pandemia se estiman que podrían mantenerse una vez superada la pandemia. [8]



Figura 2. Aplicaciones más populares en pandemia del mes de abril 2020.

5.2.3.1. Cambio de comportamiento de compra en pandemia.

Según un estudio realizado por Visa, los consumidores ahora optan por realizar compras en línea de manera más frecuente que antes de la pandemia y los medios de pago digitales continúan creciendo. Visa, la compañía multinacional de servicios financieros, realizó en diciembre de 2020 la tercera edición de su estudio que busca analizar las diferentes preferencias de consumo de los latinoamericanos durante la pandemia. Debido a la extensión de la situación, muchas personas de las encuestadas ya afirman tener una postura más flexible con respecto a salir de la casa para realizar compras. Sin embargo, el consumo a través de medios digitales continúa creciendo y asentándose poco a poco.

En Argentina, según la información provista por la Cámara Argentina de Comercio Electrónico (CACE), el sector de las compras en línea creció durante 2020 un 124% con respecto al año anterior y registró una facturación de \$905.143 millones. A su vez, el reporte indica que más de

1.284.960 de personas realizaron compras a través de plataformas digitales por primera vez, cifra que aumenta el total de compradores online a cerca de 20.058.206. [9]

Por otro lado, producto de la cuarentena que no permitía a los usuarios salir de sus casas, el envío a domicilio superó al retiro en punto de venta como principal elección. Mientras que la primera opción creció un 56% con respecto al año previo, el retiro presencial cayó un 35%. [9]

Gracias al aumento de las compras en línea y a la digitalización que los consumidores comenzaron a aceptar, el principal ganador fue Mercado Libre, la empresa argentina más valiosa de América Latina. Durante 2020, creció a nivel bursátil alrededor de un 170% en dólares, logrando que el precio de la acción supere los USD 1.600. [10]

Al poco tiempo, la suba permitió que su capitalización bursátil, es decir, cantidad de acciones por precio individual, supere brevemente los USD 100.000 millones, una cifra histórica que la incluyó en el ranking de las más grandes del mundo. [9]

5.2.4. Mercado competidor

La competencia actual son aquellas empresas que satisfacen total o parcialmente las necesidades de los potenciales consumidores identificados en el proyecto. Y la competencia potencial compuesta por las empresas con intenciones de ingresar en el negocio.

En el estudio de la competencia se debe conocer: ¿Dónde están ubicadas?, ¿Cuál es su participación en el mercado? ¿Cómo y por qué compran sus productos?, ¿Qué política de precios manejan?, ¿Quiénes son sus proveedores?, ¿Qué canales de distribución utilizan?, ¿Cuáles son sus fortalezas y sus debilidades?, ¿Cuáles son sus estrategias de marketing?, ¿Cómo es la calidad de sus productos? Se debe analizar, estudiar y ver los movimientos de la competencia actual y potencial.

En época de pandemia se podría pensar, en los casos donde podría haber desabastecimiento del mercado, en alianzas estratégicas de cooperación entre empresas competidoras para asegurar la provisión del bien en el mercado, y poder así asegurar el suministro del producto.

La colaboración puede darse en temas de logística, alianzas para el desarrollo de nuevos productos, hacer estudios de mercados conjuntos, establecer estándares de calidad; sobre todos en empresas de productos esenciales en época de pandemia.

5.2.5. Mercado de bienes sustitutos

El tema es evaluar las preferencias de los consumidores respecto a sus bienes sustitutos si éstos son más baratos, ya que en tiempo de pandemia y post pandemia genera que los consumidores cambien sus preferencias por productos con precios bajos, se volcarán a comprar aquellos productos que, cumpliendo la misma necesidad, son más económicos.

5.2.6. Salidas del Estudio de Mercado en el contexto de pandemia

5.2.6.1. Precio y cantidad demandada

Además de tener en cuenta la competencia, es necesario ver si el producto que se ofrece se encuentra dentro de los productos con precios cuidados o regulados.

En el contexto de emergencia sanitaria ocasionado por la pandemia resulta fundamental garantizar el acceso a los bienes de consumo esenciales en condiciones razonables, justas y equitativas. Con el propósito de brindar información accesible y veraz desarrollamos la campaña que presenta Precios Máximos, medida que fija los precios de productos alimenticios, bebidas, artículos de limpieza y de higiene personal, y que conlleva el compromiso de todos los actores de la cadena productiva.

La situación de pandemia y el congelamiento de muchos de los precios de la economía dispuestos por el Gobierno para paliar la crisis hizo que la inflación en los primeros diez meses del año estuviera bastante contenida. Entre diciembre y octubre, el Índice de Precios al Consumidor (IPC) acumuló a nivel nacional un alza del 26,9%, pero no todos los rubros se comportaron de la misma manera. Algunos treparon por debajo del promedio, pero otros muy por encima, como fue el caso de las prendas de vestir y calzado, o los alimentos, que crecieron en lo que va del 2020 48,9% y 32,5%, respectivamente. [11]

5.2.6.2. Característica del producto

Del estudio de mercado debe desprenderse la definición del producto o servicio con sus características. Poder determinar: ¿Qué calidad tendrá el producto?, los servicios adicionales, ¿Tendrá características especiales? (packaging, servicios a domicilio, garantías, etc.).

En pandemia, los productos pueden cambiar su packaging debido a los cambios y hábitos de consumo.

Uno de los primeros resultados de la COVID-19 es el cambio en los tamaños del empaque, se ha visto que hay un consumo más a nivel familiar, antes se enfocaban más al on the go, el envase individual, ahora es más a nivel familiar y los multipacks también han tenido más éxito en los últimos meses.

También se percibe que la gente está más preocupada por el presupuesto familiar, y esto ha reducido el gasto en marcas premium, en cambio, las marcas propias han tenido mucho éxito y seguirán en esa línea en los próximos meses.

Por tipo de empaque, se prevé el plástico flexible tenga mayor demanda para tamaños de empaque más grandes, dado que hay mayor consumo de los hogares, y ahí es donde el tamaño del empaque va a jugar un rol fundamental. Lo mismo se espera para envases de plástico rígido, ya que hay una tendencia al alza, pero con productos de mayor tamaño, como el agua embotellada en PET.

En el caso de las latas, al principio de la pandemia se percibió una alta acumulación de alimentos enlatados, pero, por otro lado, ha habido una gran disminución en la parte de food service por el cierre de restaurantes y cafeterías. Esto mismo ocurrió con los envases de vidrio que están muy asociados al comercio en restaurantes.

El papel que es una opción más económica y compatible con el comercio electrónico, tendrá una fuerte presencia durante todo el tiempo que dure la pandemia, según las previsiones de Euromonitor International.

Sobre las categorías clave para el empaque en 2020, que tendrán mayor crecimiento, serán los de alimentos y bebidas, el cuidado de mascotas y cuidado del hogar; pero habrá otros como el de belleza y cuidado personal que podrían experimentar una baja y, por lo tanto, una menor demanda de envases para este sector.

Por lo que se destaca que las empresas deben ver cuáles son las nuevas expectativas de los consumidores, y también plantearse la posibilidad de aliarse con nuevos socios que antes parecían bastante extraños. En el caso de la industria del empaque se puede pensar en la importancia que tiene todo lo que es el comercio online y la importancia que tiene para los consumidores que no se transmita el virus a través del tipo de material en que se produce el empaque. Esto puede generar una idea de nuevos materiales a utilizar y eso podría ser una manera importante de sobrellevar y salir satisfactoriamente de esta crisis.

5.2.6.3. Estrategia comercial

Las empresas además de resistir, podrían dedicar un tiempo a reflexionar para hacer cambios profundos en su organización, porque muchas de las consecuencias del Covid-19 serán permanentes. Podrían pensar en prepararse para analizar cuales están siendo las mayores debilidades para la empresa en esta época Covid: ¿si dependes demasiado de un cliente que ha reducido la demanda? Es importante que puedan observar a los clientes y al mercado, y decidir qué lugar tendrá en su nuevo negocio.

Plantearse cómo ha sido la vida de sus clientes durante la cuarentena, y qué diferencias han experimentado en relación con el producto o servicio que ofrecen.

Si ha habido diferencias significativas, tener en cuenta qué parte de ese comportamiento se mantendrá en el tiempo, ya que, a través de más varios días de cambios sostenidos en su estilo de vida, sus clientes han creado hábitos nuevos, y está en las empresas, aprovechar las oportunidades que eso va a generar.

Es importante que utilicen el conocimiento que tienen de su sector y los efectos que está teniendo la crisis para ver cómo reacciona el entorno:

- ¿Qué empresas de su sector se verán más afectadas?
- ¿Cómo están gestionando esta crisis sus competidores, proveedores, y las empresas de productos o servicios complementarios y sustitutos a la actividad?

Las empresas podrán descubrir oportunidades que no habías visto antes: desde competidores que cambian su actividad buscando nuevos mercados y te dejan huecos libres, a proveedores que ofrecen precios más bajos para asegurar demanda en una época inestable y ahí poder mejorar los costos. La crisis deja puertas abiertas para alguien con un buen conocimiento de su entorno.

5.2.7. Efectos de la pandemia en general en la formulación y evaluación de proyectos.

Muy posiblemente, se entre en la "Era CO", impulsada por el Coronavirus, pero basada en la: Cooperación, Colaboración, Coordinación, Comunidad, Co-creación, Construcción, Compartir, Conexión y la inteligencia Colaborativa. Con ese bagaje de conceptos poder pensar en formular proyectos de empresas que se adapten a los tiempos en que estamos atravesando.

Sintetizando, no es que cambiaron las reglas del juego. Cambió el juego y es el momento para comenzar a ser más creativo, más conectado y más colaborativo.

5.3. Emprendimientos que surgieron en pandemia.

Como oportunidades de negocios que surgieron en pandemia se pueden destacar algunos como ser:

Impresión 3D. Está provocando cambios radicales en fabricación y producción, permite fabricar diez veces más rápido y a mitad de costo que con los sistemas de fabricación tradicionales. Se digitaliza por tanto el proceso y se acelera. En pandemia se vio en la fabricación de respiradores

y pantallas de protección, si bien el ámbito de desarrollo y aplicación es mucho más amplio: arquitectura, renovables, ocio, salud, etc. Se puede ajustar a demanda y permitir nuevos modelos de negocios enfocados a satisfacción de clientes.

Tapabocas, mascarillas, accesorios de protección en general como ser anteojos, indumentaria, entre otros; otro negocio que fue innovando en modelos, materiales y utilidad.

Big Data. La llamada revolución de datos para analizar y extraer conocimiento, gestionar recursos y proyectos, ayudar a las empresas a identificar tendencias, a conocer a sus clientes y a optimizar procesos.

Las oportunidades están creciendo en el campo de los servicios digitales y las plataformas de comercio electrónico.

Plataformas de educación a distancia, dado por el cierre parcial de escuelas, universidades y oficinas, la educación tradicional tuvo que transformarse de un día para otro en educación a distancia.

Los centros educativos fueron de los primeros en ser cerrados cuando empezaron a decretarse confinamientos y ponerse en marcha políticas de distanciamiento social. Así fue que se vieron forzados a realizar clases virtuales y salir del paso a la espera de mejorar sus sistemas digitales.

Telemedicina. ¿Quién quiere ir a un hospital o a una clínica en medio de la pandemia? Probablemente nadie. La gente ha postergado las visitas médicas, pero en muchos casos, las están realizando desde su casa a través de sesiones virtuales con el médico. Aunque no toda la población tiene acceso a internet y los mayores de edad no están acostumbrados a este sistema, el shock de la covid-19, ha acelerado el cambio de manera drástica.

Servicios digitales para el sector agrícola. En América Latina, hay por lo menos 450 empresas que venden servicios digitales al mundo agrícola. Son compañías que se mueven en un sector conocido y que están constantemente desarrollando soluciones para mejorar la producción y distribución de alimentos. Trabajan con herramientas de análisis de datos provenientes del campo y utilizan tecnologías basadas en inteligencia artificial, internet de las cosas o blockchain para aumentar la productividad de los negocios y monitorear cuestiones prácticas como el clima y las cosechas. [12]

Entretenimiento: animación, desarrollo de videojuegos y deportes electrónicos. Así como Netflix se ha transformado en uno de los grandes ganadores durante la pandemia, los servicios digitales asociados a la producción de series, películas y videos para distintas plataformas han aumentado. En el área cinematográfica, se espera que las interrupciones en la filmación en vivo debido a la pandemia generaran un auge en el contenido animado. Latinoamérica tiene decenas de estudios de animación de gran tamaño que venden productos en los mercados internacionales y cientos de estudios más pequeños que podrían beneficiarse de la crisis. Por otro lado, los videojuegos han reemplazado otras maneras de entretenimiento.

Ciberseguridad. Aunque todo depende de cómo evolucione la pandemia, distintas estimaciones apuntan a que se podría duplicar el número de personas que hacen trabajo remoto a largo plazo. Al no estar centralizado, el teletrabajo expone a las empresas y los propios trabajadores a potenciales amenazas de ciberseguridad.

Tecnologías financieras. Otro campo en pleno desarrollo tiene que ver con la industria de tecnología financiera o fintech, que se refiere a los servicios digitales enfocados en el sector de las finanzas.

Como los pagos electrónicos son cada vez más comunes, hay una demanda por servicios que ayuden a mejorar las transacciones a través de celulares y simplificar la experiencia de los clientes cuando hacen sus operaciones online.

Aunque en esta área el mercado está dominado por grandes jugadores, han surgido una serie de startups que están tratando de ganar un espacio en esta industria.

6. CONCLUSIÓN

Es tiempo de que las empresas utilicen este momento de pandemia para redefinir sus estrategias y volver a realizar un estudio de comportamiento de sus consumidores para adaptarse y anticiparse a los cambios de los consumidores y el mercado.

Surgen algunos artículos con mayor demanda como el Cubrebocas/ barbijos, Gel antibacterial, Máscaras de seguridad, Audífonos, Lentes de seguridad, Suplementos alimenticios, Juegos de video, Guantes desechables, Artículos para escuela y oficina, Juegos de mesa, entre otras.

La logística fue uno de los sectores que mejor reaccionó a la pandemia y eso fue clave para mantener el consumo en muchos sectores que se hubieran visto más afectados por las medidas de aislamiento que limitaron la venta tradicional en negocios.

En los casos donde podría haber desabastecimiento del mercado, surgen alianzas estratégicas de cooperación entre empresas competidoras para asegurar la provisión del bien en el mercado y poder así asegurar el suministro del producto. La colaboración puede darse en temas de logística, alianzas para el desarrollo de nuevos productos, hacer estudios de mercados, establecer estándares de calidad; sobre todos en empresas de productos esenciales en época de pandemia.

Crece las oportunidades en el campo de los servicios digitales y las plataformas de comercio electrónico. La impresión 3D se enfocó en la fabricación de respiradores y pantallas de protección; y el Big Data, datos para analizar y extraer conocimiento, gestionar recursos y proyectos, ayudar a las empresas a identificar tendencias, a conocer a sus clientes y a optimizar procesos. La crisis deja puertas abiertas para alguien con un buen conocimiento de su entorno. Es aconsejable que utilicen este momento de pandemia para redefinir sus estrategias y volver a realizar un estudio de comportamiento de sus consumidores para adaptarse y anticiparse a los cambios del mercado; y que los emprendedores puedan detectar problemas u oportunidades que ofrece el mercado.

Muy posiblemente, se entre en la “Era CO”, impulsada por el Coronavirus, pero basada en la: Cooperación, Colaboración, Coordinación, Comunidad, Co-creación, Construcción, Compartir, Conexión y la inteligencia Colaborativa.

No es que cambiaron las reglas del juego. Cambió el juego y es el momento para comenzar a ser más creativo, más conectado y más colaborativo.

7. REFERENCIAS

- [1] Sapag Chaín, N. (2007). “Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación”. Naucalpan de Juárez.
- [2] Baca Urbina, G. (2001). Evaluación de Proyectos. (2006) México: Mc Graw-Hill Interamericana. Estado de México. Editorial: Pearson Educación.
- [3] Sapag Chaín, N. (1989). Preparación y evaluación de Proyectos. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- [4] Nuevos hábitos de consumo 2020: ¿cuáles fueron los productos más vendidos en Mercado Libre. <https://www.iproup.com/economia-digital/19333-cuales-fueron-los-productos-mas-vendidos-en-mercado-libre>
- [5] Productos de consumo masivo con una mayor demanda a causa del coronavirus (COVID-19) en Argentina en marzo de 2020. <https://es.statista.com/estadisticas/1110147/productos-mas-consumidos-covid-19-argentina>
- [6] Pascuali Marina, (2021) “Mercado Libre no para de crecer”. <https://es.statista.com/grafico/23471/mercado-libre-en-cifras/>
- [7] Instituto de Investigación de Caggemini (2020) “8 de cada 10 empresas ha tenido problemas en su cadena de suministro por la Covid” <https://www.caggemini.com/ar-es/>
- [8] Productos de consumo masivo con una mayor demanda a causa del coronavirus (COVID-19) en Argentina en marzo de 2020. <https://es.statista.com/estadisticas/1110147/productos-mas-consumidos-covid-19-argentina>
- [9] Cámara Argentina de comercio. VISA (2021) “Preferencias de consumo de los latinoamericanos durante la pandemia”. Tercera Edición
- [10] La Nación. (publicado 1 de marzo 2021) “Mercado Libre: los números que muestran el crecimiento del gigante argentino en 2020” <https://www.lanacion.com.ar/economia/mercado-libre-numeros-claves-entender-crecimiento-del-nid2617050/>
- [11] INDEC. Argentina (2020). “Industria Manufacturera. Índice de producción industrial” Vol,4 n°25. https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/ipi_manufacturero_10_20C10BFEEFA3.pdf
- [12] Las nuevas oportunidades de negocios digitales en medio de la pandemia <https://rumbos.eleco.com.ar/las-nuevas-oportunidades-de-negocios-digitales-en-medio-de-la-pandemia/>

Optimización de la producción textil animal: estudio de viabilidad técnico-económica

Abet Jorge; Arcidiácono Marcelo; Carrizo Blanca; Lorenzo Carmen

Dpto. Ing. Industrial y Mecánica / GICCAP “Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción”
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional Calle Maestro Marcelo López esq,
N° S/N, Ciudad Córdoba, País Argentina
jorgeabet@gmail.com / bcarrizo@frc.utn.edu.ar

RESUMEN

En los últimos tres años Argentina produjo un promedio anual de 42.000 toneladas de lana base sucia, de los cuales se exportaron 27.877,30 toneladas en el último año. De ese total el 60% corresponde a lanas finas, los que la coloca en el tercer lugar como proveedor de lanas para indumentaria.

En la actualidad, la evolución de los precios de venta en dólares americanos las finuras típicas de la producción argentina son muy favorables. Sumado a esto la demanda potencial del producto es elevada y se encuentra respaldada en el crecimiento económico de los países a los que pertenece.

En función de las características de la demanda potencial del mercado de lana podemos decir que la calidad es un factor relevante de competitividad. Este factor se encuentra altamente afectado por el método de clasificación del vellón ovino que actualmente exhibe un grado de precisión del clasificador de entre 25 a 50% de aciertos, para el caso de carnero y el 75% de aciertos, para el resto de las clases.

En el contexto planteado, se identifica la oportunidad de contar con un método para obtener una medida de calidad confiable que permita optimizar la producción, a partir de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático.

Con la finalidad de asegurar su desarrollo, se realiza un estudio de factibilidad técnica y económica que determine la viabilidad de implementarlo, utilizando indicadores de rentabilidad de inversión.

Se pretende que, este análisis de factibilidad, se incorpore a una de las fases de desarrollo del proyecto de investigación denominado “Optimización de producción textil animal a partir de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático”, incubado en el seno de los Departamentos de Mecánica e Industrial desde del GICAPP.

Palabras Claves: Algoritmo, lanas, vellón, rentabilidad.

ABSTRACT

Through the last three years Argentina produced an annual average of 42,000 tons of dirty base wool. In 2020 an amount of 27,877.30 tons were exported and 60% of that production corresponds to fine wool. This places Argentina in third position as a supplier of clothing wool. Today the sales evolution prices in US dollars as well as the Argentinian wool finesse production are favorable. In addition, the demand this product is increasing supported by the economic growth of countries which import it.

Based on wool market characteristics one of the most relevant factor of competitiveness in the product quality. This factor is highly affected by the sheep fleece classification method, which currently shows a degree of classifier precision between 25 to 50%, in the case of sheep, and 75% for the rest of the cases.

The context raised shows the relevance of having a method to obtain a reliable quality measure that allows optimizing production, from the application of machine learning algorithms. In order to ensure its development, a technical and economic feasibility study is carried out to define the viability of implementing this development.

It is intended that this feasibility analysis will be incorporated into one of the development phases of the research project called "Optimization of animal textile production from the application of machine learning algorithms", within the departments of Mechanical and Industrial Engineering from GICAPP

Keywords: Algorithm, wool, fleece, profitability.

1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de conocer la rentabilidad técnico-económica para asignar recursos al desarrollo de un algoritmo de aprendizaje automático que optimice la producción de lana ovina, es que se lleva adelante un estudio de viabilidad.

El mismo tiene por finalidad proporcionar todos los datos necesarios para tomar la decisión de invertir. Implica un análisis detallado del proyecto por lo que se describen y justifican todos los supuestos asumidos, datos utilizados y soluciones seleccionadas para desembocar en conclusiones, recomendaciones y medidas a tomar.

Con esta finalidad se desarrolla un análisis del mercado actual, precios y consumidores. Posteriormente se describe el método actual de clasificación del vellón ovino y sus características actuales. Finalmente se describe la solución propuesta y, por último, se realiza el análisis para determinar su factibilidad económica.

2. ANÁLISIS DE MERCADO

2.1. Producción

Los sistemas de producción ovina a lo largo de la historia en la Argentina han sido orientados a la producción de lana. Esta se concentra, principalmente, en las provincias de Chubut y Santa Cruz (46,3% del stock nacional), seguido de Buenos Aires, Río Negro, Corrientes y Entre Ríos [1]

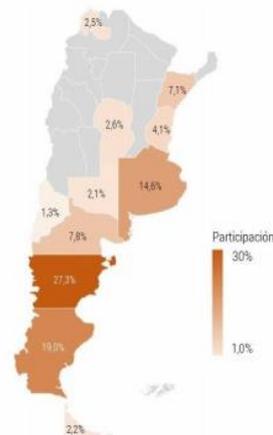


Figura 1: Distribución de Stock ovino en Argentina [6]

La evolución del stock ovino desde 2009 a 2020, en términos generales, descendió gradualmente. En dicho período, la cantidad de ovinos se redujo -4,7%, pasando de 15,28 mil cabezas en 2009 a 14,57 mil cabezas en 2020 [1]. En los últimos tres años, Argentina produjo un promedio anual de 42.000 toneladas de lana base sucia, de los cuales se exportaron 27.877,30 toneladas en el último año. De ese total el 60% corresponde a lanas finas, los que la coloca en el tercer lugar como proveedor de lanas para indumentaria.[2]

2.2. Precios

El precio de referencia interno de la lana fina en lo que va de 2021, se ubica en 4,41 USD/kg, significando una mejora de +17,9%. En tanto, el precio de la lana mediana es de 1,99 USD/kg, y en el promedio del primer trimestre de 2021 se mantuvo relativamente estable en comparación al año anterior (+2,7%). [1]

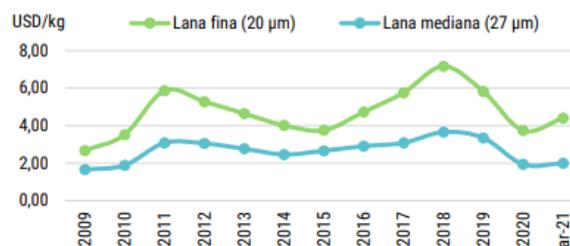


Figura 2: Evolución de precios de referencia interno del 2009 a 2021 en Argentina [1]

En el ciclo 2009/10 a 2020/21, el precio del total de los productos laneros argentinos exportados registra una tendencia similar al precio de referencia interno de las lanas finas (20 µm).[1]

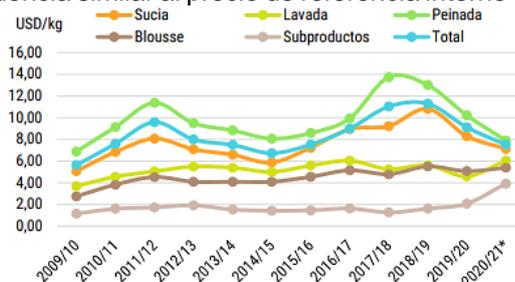


Figura 3: Evolución de precios de los productos laneros exportados del 2009 a 2021[1]

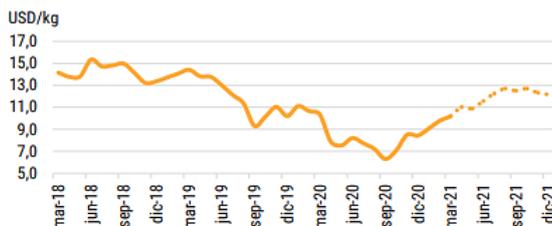


Figura 4: Evolución de precios de referencia internacional del 2009 a 2021 y proyección [1]

A su vez, en los próximos meses se podría esperar una mejora en los precios. Las proyecciones de oferta 2020/21 de Australia estiman que los volúmenes se encontrarían en valores similares a los de 2018/19, y por encima de los registrados en 2019/20.[1]

2.3. Consumidores

En relación al consumo interno promedio de lana en el ciclo 2009/10 a 2020/21 es cercano a las 2.000 mil toneladas en base sucia manteniendo un valor relativamente constante a lo largo de los años.[1]

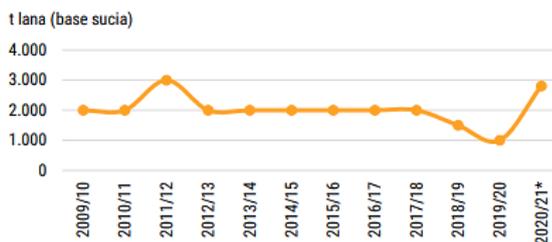


Figura 5: Evolución de consumo interno de lana 2009-2021 [1]

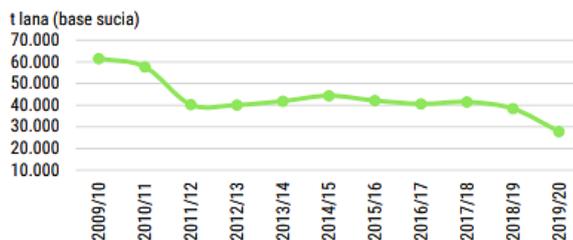


Figura 6: Evolución de la exportación argentina 2009-2021 [6]

Las exportaciones de lana muestran una caída de -17,5 mil toneladas entre 2010/11 y 2011/12, que se correlaciona con el mayor consumo a nivel nacional, y luego se estabilizan en torno a las 40 mil toneladas. [1]

Al igual que en el mercado interno, las dos últimas campañas registran reducciones en los volúmenes destinados al exterior, principalmente en 2019/20 donde la disminución fue de -10,5 mil toneladas, ubicándose en las cantidades mínimas históricas.[1]



Figura 6: Participación promedio de las exportaciones de productos lana argentina 2009-2021 [1]

Los principales compradores de lana argentina de 2009/10 a 2020/21, son China, Alemania, e Italia, que juntos representan alrededor del 60% del volumen comercializado. Seguidos de México, Turquía, Perú, Uruguay, y República Checa, donde el conjunto de estos países tiene una participación cercana al 25%. [1]

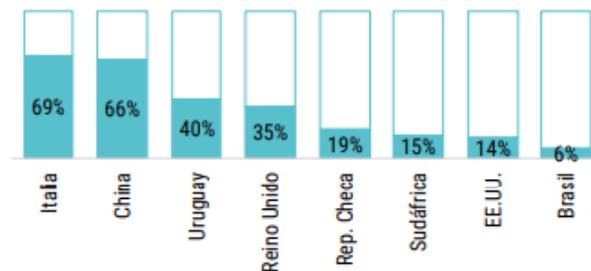


Figura 7: Potencial alcanzado en exportaciones de lana argentina 2009-2021 [1]

En relación al panorama potencial de exportación, es significativo, pudiendo lograr alcanzar de 60 al 70% en los mercados italiano y chino. Pero debe mejorar las relaciones comerciales con el resto de los países. [1]

2.4. Políticas públicas vigentes en la Argentina

Existen una serie de políticas que, con vigencia sostenida superior a 15 años, vienen acompañando al sector ovino, con un significativo impacto en el desarrollo y mejoras cualitativas. [3]

- Ley ovina 24422: Para la recuperación de la ganadería ovina (producción primaria). Desde 2001 Fondo FRAO. En 2011 se actualizó el fondo (Ley 26680) a 80 millones por año +recupero
- PROLANA: Programa para el mejoramiento de la calidad de la lana (Res. 1139/94). Proceso de esquila y clasificación en origen. Sistema de Información de precios y mercados (SIPyM).
- PROVINO: Servicio argentino de información y evaluación genética de ovinos. Convenio INTA/ Criadores de razas ovinas. Evaluación genética de reproductores.
- En 2016 se realizaron modificaciones en derechos, reembolsos y reintegros que afectaron de forma positiva a las exportaciones de productos lana y por ende al precio obtenido por el productor en la venta de su lote de lana. [3]

2.5. Método de clasificación de lana

En la figura 2 se observa el flujograma del proceso de clasificación de la fibra de acuerdo a normas técnicas vigentes, considerando las calidades superiores e inferiores, por longitud de mecha y color. [4]



Figura 8: Diagrama del proceso de clasificación de la fibra [4]

La facultad de zootecnia universidad nacional agraria La Molina realizó una evaluación del método actual mediante prueba de chi cuadrado para determinar el grado de precisión del clasificador y estadística descriptiva para las características. El estudio concluye que el método subjetivo presenta un grado de precisión del clasificador malo, entre 25 a 50% de aciertos, para el caso de carnero y bueno, aproximadamente el 75% de aciertos, para el resto de las clases [5].

Por otro lado, en base a los datos de los últimos tres años registrados por la federación lanera Argentina de toneladas de lana sucia, luego de realizar el proceso de clasificación de lanas, en promedio un 63% del vellón corresponde a lana fina, el 35% a lana media y el restante 2% a lana gruesa.

Se puede apreciar que el porcentaje más alto corresponde a la lana de mayor calidad, por lo que le brinda un alto rendimiento de inversión a los productores. [2]

2.6. Propiedades y calidad de la lana

La calidad, como exigencia del mercado internacional, hace referencia a propiedades de la fibra importantes en la industria textil. En la producción textil es imprescindible disponer de valores objetivos de las principales características de las lanas, a los efectos de poder definir adecuadamente su precio y su destino en la industria.

Las mediciones aseguran que los productores reciban un precio justo por su producto y que los procesadores adquieran materia prima que les permita confeccionar tops, hilos y/o tejidos de una calidad específica. [6]

Según la Norma la fibra de lana se clasifica por grupos de calidades teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Finura:** diámetro de la fibra, cuanto menos diámetro posean las fibras de lana, mayor valor comercial tendrá. Esta se mide en micrones.
- **Longitud:** la longitud se mide en centímetros de la fibra, dato que interesa desde el punto de vista textil. Debe destacarse que no es lo mismo, longitud de la fibra, que de la mecha. La longitud de la fibra se mide con una regla estirando la mecha y anulando las ondulaciones típicas de la lana.
- **Resistencia a la tracción:** una muy buena resistencia a la tracción debe ser igual o superior a 38 newtons/kilotex. Mayor de 30 nt/ktx es resistente; entre 24 y 30 nt/ktx es parcialmente resistente y menor de 24 nt/ktx es quebradiza.
- **Rendimiento al lavado:** el rendimiento expresa el peso de la lana limpia (es decir, libre de vegetales, tierra, etc.) que es posible obtener de determinada cantidad de lana sucia. Nos informa, en definitiva, la cantidad total de fibras disponible. Se expresa en porcentaje.
- **Color:** el color determinará el uso industrial de la lana y su posibilidad de teñido.
- **Sustancias vegetales:** muchas sustancias de naturaleza u origen vegetal se adhieren a los vellones de los ovinos. Remover o sacar estas materias vegetales tiene un costo, que influye en el precio final que se pagará por esa lana.
- **Suavidad y aspereza:** se aprecia mediante el tacto. Cuanto mayor es la variación en el diámetro, mayor aspereza se nota en un vellón. El tacto es, con la experiencia, un importante indicador de la finura.
- **Acapachado:** diversos motivos provocan que la lana se estrangule y se corte (ver resistencia a la tracción), algo de lana se desprende y se entremezcla con lana no afectada y así se origina lana apelmazada.
- **Medulación:** cuando se habla de fibras meduladas o vellones chilludos, se trata de una fibra lacia y opaca, que aparece frecuentemente en los cuartos del animal. Las fibras poseen aire en su interior y son difíciles de teñir. [6]

2.7. Análisis de laboratorio

Las propiedades más importantes de las lanas sucias son evaluadas mediante métodos de ensayo estandarizados por la federación lanera internacional y conocidos como método IWTO-XX y regulaciones asociadas. Esta medición es realizada en laboratorios que emiten un informe detallando características de las muestras enviadas por los productores.

Los principales ensayos caracterizan la materia prima desde un punto de vista comercial y define su uso industrial, infiriendo resultados probables en el proceso. Están identificados como análisis de ensayo tradicional y análisis de mediciones adicionales. Cada uno de ellos permite conocer las siguientes propiedades:

- **Tradicionales:** diámetro medio, rinde al lavado, rinde al peine y contenido de materia vegetal.
- **Adicionales:** largo de mecha, resistencia de mecha y punto de rotura. [6]

2.8. Muestreo de lanas

Existen dos tipos de muestreo según los análisis que se desea realizar:

2.8.1. Muestras en fardos

Tomar la muestra representativa del lote de lana sucia para análisis de rinde y finura comercial según normas internacionales vigentes [7]

- La muestra siempre debe obtenerse de los fardos que contengan la lana vellón, incluida aquella denominada VG (lana con vegetales), y carneros. Si se quiere conocer la calidad de otras lanas como las barrigas, se debe calar aparte cuidando de evitar mezclas con las bolsitas de muestra del vellón.
- Siguiendo este método, obtendrá como mínimo un total de muestra de 700 gramos.
- La cantidad de caladuras a realizar por fardo depende del número total de fardos que componen el lote y como regla práctica recordemos lo siguiente: Cantidad de fardos x Cantidad de caladuras por fardo = 100 Ejemplos: 1 fardo x 100 caladuras = 100 5 fardos x 20 caladuras = 100 10 fardos x 10 caladuras = 100 25 fardos x 4 caladuras = 100 de 50 a 100 fardos x 2 caladuras = 100 100 o más fardos x 1 caladura = 100
- Cuando se debe hacer más de una calada por fardo se deben realizar en lugares suficientemente separados entre sí, una/s en la mitad superior y la/s otra/s en la inferior.
- El calador debe introducirse en el sentido de la compresión del fardo y debe realizarse en forma horizontal para evitar pérdidas de tierra u otros materiales.
- Al introducir el tubo del calador, se debe romper previamente con un corte pequeño el envoltorio (polietileno) para evitar contaminar la muestra.
- El material de la calada debe ser acumulado en envase de polietileno adecuado para evitar las pérdidas y el contacto directo con el medio ambiente. El envoltorio final debe ser de doble bolsa de polietileno perfectamente cerradas.
- No deben estar estas bolsas expuestas al sol o alguna otra fuente de calor que haga variar sus condiciones y evitar que tomen contacto con humedad o se mojen.
- Identificar correctamente las muestras, consignando Nombre del establecimiento y Propietario, fecha y lugar de muestreo y kilos totales de los fardos muestreados, además del tipo de lana y categoría de animal si corresponde o si se trata de majada general.[7]

2.8.2. Muestras de puño

Tomar una muestra representativa del lote de lana sucia para análisis de mediciones adicionales como largo de mecha, resistencia a la tracción, punto de rotura, según normas internacionales vigentes [8]

- La muestra siempre debe obtenerse de los fardos que contengan la lana VELLON AAA. Si se quiere conocer la calidad de otras lanas como BO, se debe realizar otro muestreo aparte cuidando de evitar mezclas con las bolsas de muestra del vellón AAA.
- Siguiendo este método obtendrá como mínimo un total de muestra de 2,5 Kgs.
- Se debe tomar una muestra de puño de cada fardo y duplicar el muestreo si la cantidad de fardos AAA del lote es inferior a 25.
- Se puede realizar un corte de no más de 10 cm. sobre una de las caras del fardo y extraer con la mano un puñado de lana entera (aproximadamente 50/70 gramos).
- Se puede extraer la muestra de puño en forma al azar al momento del cierre del fardo para evitar la rotura de su envase.
- El material de cada puñado debe ser acumulado en envase de polietileno adecuado para evitar pérdidas y el contacto directo con el medio ambiente.
- No deben estar estas bolsas expuestas al sol o alguna otra fuente de calor que haga variar sus condiciones. Evitar que tomen contacto con humedad.
- Identificar correctamente las muestras, consignando Nombre del establecimiento y Propietario, fecha y lugar de muestreo y kilos totales de los fardos muestreados, número de fardos que componen el lote y tipo de lana.[8]

3. OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN TEXTIL ANIMAL A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

En el contexto de planteado, se identifica la oportunidad de contar con un método accesible y económico para reconocer y clasificar tipos específicos y obtener así una medida de calidad confiable que permita optimizar la producción.

Se propone un método eficaz con el cual se optimice la clasificación de los tipos de fibra textil mediante un coeficiente de calidad según color, finura y médula.

El método propuesto consiste en un algoritmo de extracción y clasificación de las características biométricas relevantes basadas en las técnicas usuales de segmentación.

Para obtenerlo se usa una red neuronal convolucional que resuelve las necesidades planteadas de clasificación de fibras. Se logra modificando los pesos de las neuronas que forman la red y sus valores se calculan, iterativamente, mediante el método de backpropagation de aprendizaje supervisado.

El algoritmo de backpropagation o propagación hacia atrás, consta de dos etapas principales:

- Etapa 1: Para cada elemento del conjunto de entrenamiento, se calcula la clase a la que pertenece según los valores que tienen los pesos de la red en ese momento. Entonces, el algoritmo determina la eficiencia de dicha clasificación mediante la función de error, comparando la clasificación realizada con la clase a la que realmente pertenece dicho elemento.
- Etapa 2: Una vez que se ha obtenido el error cometido, el algoritmo propaga hacia atrás las neuronas con pesos que aportan suficiente a la clasificación de la entrada. Con este proceso iterativo se fueron actualizando los pesos para optimizar la función de error, mediante el algoritmo de descenso del gradiente. Este método actualiza los pesos de la red en la dirección opuesta del gradiente de la función de error.

El algoritmo una vez implementado, asumiendo un clasificador estándar, aumenta significativamente la precisión en la clasificación, que disminuye aproximadamente un 30% el error de clasificación.

Por otro lado, permite una reducción de tiempo estimado en la clasificación. Finalmente, otro beneficio que brinda es que reduce el desecho en un 30%.

3.1. Software

Se trata del desarrollo a medida de una aplicación utilizando la filosofía de software libre. La misma procesa los datos de imágenes tomadas en campo y arroja, como resultado, la calidad de la lana del animal.

3.2. Hardware

La aplicación requiere del uso de un celular de gama media a alta y la adhesión de un lente para mejorar la calidad de imagen y unificar la cantidad de píxeles a recibir en la aplicación.



Figura 9: Ilustración de dispositivos adaptables para mejorar la calidad de imagen del teléfono móvil.

4. METODOLOGÍA

Se realiza una rentabilidad económica del proyecto para tomar decisiones de gestión. Esto supone un análisis para determinar si es viable en términos monetarios de costos y beneficios derivados de dicho proyecto.

De acuerdo con los estándares establecidos por PROLANA, en promedio un clasificador cataloga la lana de 1100 a 1200 animales por día durante el período de esquila. Asimismo, actualmente el costo del día de trabajo de un clasificador certificado varía entre \$10.000 y \$36.000 pesos argentinos.

Al aplicar el algoritmo de aprendizaje automático desarrollado, al mejorar la precisión de la categorización de tipos de lana en un 30% y reducir el desecho en 30%, las ganancias no solo por la mejora en la categorización sino por la posibilidad de reducir costos en personal como podemos observar en la tabla 1.

De esta manera le permite a establecimiento con menores recursos la posibilidad de implementar clasificación eficiente.

Tabla 36 Cuadro de utilidades de la operación anuales del sector en el año 2021

	Utilidad de la operación
Situación actual	135.348.610 U\$S
Situación propuesta	136.160.701,66 U\$S
Incremento de utilidades	812.092,66U\$S

Al hacer el análisis más específicamente en un establecimiento de una total de 150 mil animales obtenemos los resultados mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2 Cuadro de utilidades de la operación anuales de un establecimiento con 8000 animales de un micronaje de 16 y un rinde del 50% en el año 2021

	Utilidad de la operación
Situación actual	60.800 U\$\$
Situación propuesta	61.164,80 U\$\$
Incremento de utilidades	364 U\$\$

Con la finalidad de determinar la rentabilidad del proyecto se utilizarán los siguientes indicadores de análisis de inversión: el Valor Actual Neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), la razón beneficio/costo (B/C) y el Período de recuperación de la inversión (pay back).

El VAN indicará si el proyecto, en el periodo de tiempo estipulados, recupera la inversión realizada y genera más beneficios. Equivale a descontar o actualizar el valor de una serie de flujos de efectivos futuros del proyecto. Esta actualización se realiza mediante una tasa para lograr el descuento en el momento actual. A este valor se le resta la inversión inicial y el resultado es el VAN del proyecto que constituye una medida de beneficios en términos absolutos, Ecuación (1). Entonces, si $VAN > 0$ la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida; si $VAN < 0$, ocurriría lo contrario y, por último, si $VAN = 0$ no se podría hablar ni de ganancias ni de pérdidas. [9]

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 + T_i)^n} - I \tag{1}$$

Donde

- Q_n = Flujo de caja en el período n.
- n = Numero de periodos.
- I= Inversión inicial.
- T_i = Tasa del inversionista.

En base a los datos mencionados la van del proyecto es mayor a cero como se observa en la ecuación 2.

$$VAN = \frac{224.8 \text{ USD}}{(1 + 12,6)^1} - \$140 \text{ USD} = 17.08 \text{ USD} > 0 \tag{2}$$

La TIR constituye la tasa de descuento que iguala el valor descontado de los flujos de efectivo futuro con la inversión inicial, es decir, iguala el VAN a cero como podemos observar en la Figura 2. Representa la rentabilidad, en términos relativos, generada por un proyecto de inversión que depende de la cuantía y duración de los flujos de tesorería. [9] En nuestro caso el valor de la TIR es del 61%.

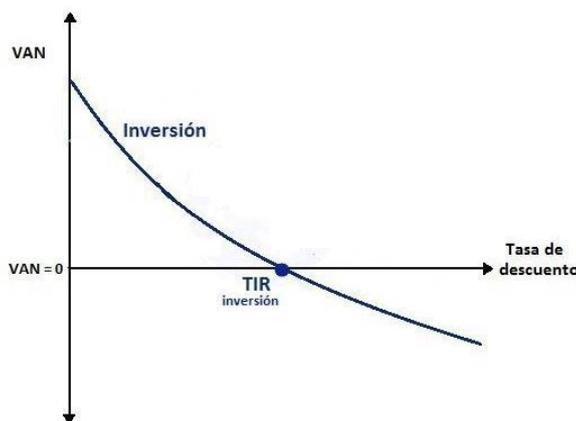


Figura 10 Representación gráfica de la relación entre TIR y VAN. [10]

La razón beneficios/costos se define como la relación entre los beneficios y los costos o egresos de un proyecto, Ecuación 3. La medida de la contribución de un proyecto se establece, en términos de beneficio, que puede acumular y el costo en el cual se incurrirá. Un proyecto se puede justificar únicamente si los costos son menores a los beneficios, es decir, si la relación beneficio-costo es mayor a 1 [10].

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios del proyecto}}{\text{Costos del proyecto}} > 1 \tag{3}$$

Aplicando este cálculo a nuestro proyecto:

$$\frac{B}{C} = \frac{364.80\text{U}\$}{140\text{ U}\$} = 2.61 > 1 \quad (4)$$

El pay back o periodo de recupero de inversión (PRI) equivale a la cantidad de años que se requieren para recuperar una inversión a partir de los flujos netos de efectivo descontados. Tiene como objetivo determinar el tiempo en que se recupera la inversión inicial [9] y se calcula de acuerdo a la ecuación 5. En nuestro caso ese periodo corresponde a 5 meses aproximadamente, como podemos observar en la ecuación 6.

$$\text{pay back} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo de efectivo en el período}} \quad (5)$$

$$\text{pay back} = \frac{200\text{U}\$}{364.80\text{ U}\$} = 0,54 \text{ año} = 0,54 * 12 = 6.5 \text{ meses} \cong 7 \text{ meses} \quad (6)$$

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir del análisis anterior son:

- El Valor Actual Neto (VAN), ecuación 2 obtenido es de 17.08USD (Por lo tanto, mayor a 0) calculado con una tasa de inversionista de 12,16% (calculado en base al riesgo país, riesgo del sector y la tasa libre de riesgo) [11], Por lo tanto, el resultado obtenido indica que el proyecto tendrá beneficios futuros; por lo que será aceptado.
- La Tasa Interna de rendimiento (TIR) es del 61%, mayor a la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento, lo que significa que el rendimiento esperado será mayor al rendimiento mínimo fijado como aceptable.
- La Relación Beneficio-Costo (B/C), es de 2.61, como se puede observar en la ecuación 4. lo que financieramente significa que, por cada dólar invertido en el proyecto, se obtendrán 1,64 dólares de ganancia.
- El Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de acuerdo a la ecuación 6, será de 7 meses, por lo que el proyecto generará ganancias dentro del periodo analizado.

6. CONCLUSIONES

Los sistemas de producción de lana ovina Argentina tienen una proyección positiva debido a la evolución favorable de precios y el incremento en demanda potencial respaldada en el crecimiento económico de los países a los que pertenece.

Las variables macroeconómicas indican reglas de juego estables y políticas públicas favorables y vigentes.

En este marco, Argentina debe poner especial atención a la calidad y el proceso de clasificación del vellón ovino. De esta manera cobra relevancia identificar la viabilidad económica de la optimización de producción textil animal a partir de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático.

A partir del análisis de viabilidad económica se concluye que el proyecto tendrá beneficios futuros y presenta un rendimiento positivo de la inversión, por lo que resulta rentable realizarlo en un horizonte de 1 año.

En relación a la viabilidad técnica se concluye que es posible llevarlo a cabo siempre que el productor disponga de una conexión de internet y un dispositivo apropiado para tomar las fotografías requeridas.

7. REFERENCIAS

- [1] Yarza, N. F. (2021). Informe Microeconómico Nro.08 - GANADERÍA OVINA: panorama del negocio ganadero ovino. Buenos Aires: CREA.
- [2] Estadísticas Laneras Argentinas. .Federación Lanera Argentina. Buenos aires, Argentina, 2020.
- [3] Mario Gonzalo, Elvira. El escenario actual de la lana: mercado mundial y nacional, perspectivas y posibilidades. INTA, Rawson: 2017.
- [4] Sinaec. Normas de competencia del profesional técnico fabricación de productos textiles en fibra de camélidos sudamericanos. Lima, Perú. Sistema nacional de evaluación, acreditación y certificación de la calidad educativa, Navarra, España 2013.
- [5] Guzmán Barzola, José Carlos Y Aliaga Gutiérrez, Jorge L. Evaluación del método de clasificación del vellón en ovino corriedale (ovis aries) en la saís pachacutec. Departamento de producción animal facultad de zootecnia universidad nacional agraria la molina. Perú, 2010.
- [6] Equipo técnico PROLANA. (2018). MANUAL DE ACONDICIONAMIENTO DE LANAS - Versión 03. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria.
- [7] Laboratorio de Fibras Textiles INTA Bariloche; Laboratorio de Lanas Rawson. (2018). INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN FARDOS. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- [8] Laboratorio de Fibras Textiles INTA Bariloche; Laboratorio de Lanas Rawson. (2018). INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE PUÑO. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- [9] Aguilera Díaz, Analisis. El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. Universidad de la Habana, vol. 11. Issn 2073-6061. Habana, Cuba, 2017
- [10] Cd, Humberto. Rankia. ¿qué es la tasa interna de retorno (tir)? Cálculo y definición. [en línea] 23 de noviembre de 2020. Obtenido de: <https://www.rankia.co/blog/como-comenzar-invertir-bolsa/3324784-que-tasa-interna-retorno-tir-calculo-definicion>.
- [11] Infront. Industria de Diseño Textil S.A.(Inditex) Argentina. Infront Analytics, España 2020.

Análisis de la condición emprendedora de la Universidad Nacional del Litoral. Aplicación de un modelo desarrollado en colaboración internacional

De Greef, Melisa*; Tottereau Diaz, Luciana; Arcusin, Leticia; Rossetti, Germán

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral
mdegreef@fiq.unl.edu.ar; ltottereau@fce.unl.edu.ar; larcusin@fiq.unl.edu.ar;
groseti@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

Este artículo presenta un Modelo de análisis de la condición emprendedora de las universidades latinoamericanas y europeas que integraron el consorcio de un proyecto internacional financiado por la Comisión Europea, del cual la Universidad Nacional del Litoral participó a través de la Facultad de Ingeniería Química y la Secretaría de Vinculación y Transferencia Tecnológica.

Luego de un trabajo colaborativo para la definición común de “universidad emprendedora”, las universidades realizaron un análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, que sirvió de base para el desarrollo del Modelo que permite diagnosticar el estado actual de la institución y desarrollar estrategias para promover el emprendedorismo y la innovación.

En relación al Modelo elaborado, el objetivo del presente trabajo consiste en determinar cuál es la situación actual de la Universidad Nacional del Litoral en cada una de las dimensiones que el mismo propone (1: Alinear la mentalidad, 2: Preparar el entorno, 3: Involucrar a los actores, 4: Conducir las acciones, 5: Generar valor para los actores y 6: Medir los resultados), considerando los antecedentes de más de 20 años de trayectoria con que cuenta la universidad en el fomento y desarrollo del ecosistema emprendedor universitario y de la región.

Palabras Claves: Emprendedorismo - Universidad - Diagnóstico - Modelo.

ABSTRACT

This paper presents a Model for the analysis of the entrepreneurial condition of Latin American and European universities that were part of the consortium of an international project financed by the European Commission, in which the Universidad Nacional del Litoral participated through the Faculty of Chemical Engineering and the Technology Transfer Office.

After a collaborative work for the common definition of "entrepreneurial university", universities worked on the analysis of the Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats, that served as the basis for the development of the Model that allows diagnosing the current state of each institution and developing strategies to promote entrepreneurship and innovation.

In relation to the Model developed, the objective of this work is to determine the current situation of the Universidad Nacional del Litoral in each of the dimensions proposed (1: Align the Mindset, 2. Prepare the Environment, 3: Engage all Stakeholders, 4: Conduct the Actions, 5: Deliver VALUE for stakeholders and 6: Measure Results), considering the antecedents of more than 20 years of experience that the UNL has in the promotion and development of the university entrepreneurial ecosystem and the region.

Keywords: Entrepreneurship - University - Diagnosis - Model.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en la participación de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), a través de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) y de la Secretaría de Vinculación y Transferencia Tecnológica (SVyTT), en un proyecto internacional de cooperación Latinoamericana y Europea en Innovación y Emprendedorismo, que busca el desarrollo de capacidades en los socios participantes en tres ejes de trabajo principales: las relaciones universidad-industria, las habilidades emprendedoras en educación y las estrategias universitarias para la innovación. A lo largo de 3 años (2017-2020), el proyecto reunió a 3 universidades de Europa y 7 de América Latina para facilitar un intercambio de conocimientos y buenas prácticas para profesores, autoridades y personal de oficinas de innovación.

En el marco del tercer eje de trabajo, el objetivo planteado en la presentación del proyecto fue el de Fortalecer un espíritu universitario de innovación y emprendedorismo (denominado “universidad emprendedora”). Si bien existen marcos, modelos y herramientas de evaluación comparativa que definen la “Universidad Emprendedora”, por ejemplo EC-OECD (un Marco de Orientación para Universidades Emprendedoras), HEInnovate (utilizado como un marco de desarrollo que incluye evaluación) o Multi-Urank (instrumento apoyado por la UE que se utiliza como mecanismo de clasificación) [1], el consorcio decidió desarrollar un enfoque más simple, orientado a la acción y que estuviera en línea con los intereses específicos de las universidades socias.

Con este objetivo, se definieron dos etapas. En la primera, se plantearon tres hitos: el consorcio comenzó abocándose a la tarea de una definición práctica, un entendimiento común y un enfoque colaborativo para el término “universidad emprendedora” (entendida como *universidad que faculta a toda su comunidad -personal académico y administrativo, investigadores, estudiantes y graduados- para que se comprometa a desarrollar una mentalidad vinculada a la generación de conocimiento, la creatividad y la innovación en un entorno de incertidumbre, para poder resolver problemas complejos reales y crear nuevas oportunidades, como una manera de añadir valor a la sociedad y contribuir al desarrollo sostenible, de forma local e internacional*); este paso se llevó a cabo en un taller presencial en Valladolid (España). En el segundo hito, cada universidad realizó un análisis profundo de la dimensión emprendedora, y fue llevado adelante de forma independiente por cada socio por medio de un relevamiento sistematizado (una encuesta digital que contenía cuatro áreas de análisis: contexto general, dimensión interna, ecosistema, emprendedorismo). Finalmente, el tercer hito consistió en un análisis FODA, para identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas y generar opciones para la acción y recomendaciones; se realizó a través de video conferencia y un intercambio virtual de métodos, ya que la pandemia de COVID-19 imposibilitó la realización de otro taller presencial.

La segunda etapa se orientó a presentar los resultados del autodiagnóstico realizado. El consorcio desarrolló un Modelo, que detalla elementos esenciales orientados hacia el cambio para las universidades emprendedoras [2].

2. PRESENTACIÓN DEL MODELO Y APLICACIÓN AL CASO UNL

El modelo desarrollado para fomentar el espíritu emprendedor en las universidades está compuesto por **elementos esenciales** organizados en seis **dimensiones**: (1) Alinear la mentalidad, (2) Preparar el entorno, (3) Involucrar a los actores, (4) Conducir las acciones, (5) Generar valor para los actores y (6) Medir resultados.

A continuación, se realiza una breve reseña de cada dimensión y se describe su relación con el caso UNL:

La primera dimensión, **Alinear la Mentalidad**, implica establecer una cultura de la organización que propicie el espíritu emprendedor. Los elementos esenciales seleccionados para comprender esta dimensión son: *Cambio; Pensamiento innovador; Toma de riesgos; Transdisciplinariedad, colaboración y cocreación; Sostenibilidad; Internacionalización; Pensamiento global-local; Transformación del mundo; Investigación, desarrollo e innovación.*

En la década de los 90', la UNL comienza a transitar las primeras experiencias emprendedoras en torno a la creación del primer spin off universitario (Zelltek S.A., primera empresa incubada en una universidad pública), con el diseño de la estructura del Parque Tecnológico Litoral Centro (PTLC) S.A.P.E.M y con otras expresiones de interés vinculadas a estudiantes interesados en emprender.

Por otro lado, desde la Secretaría de Extensión de la universidad se empieza a vislumbrar la necesidad de crear un espacio único y especializado en relación a la temática innovación, emprendedorismo y vinculación tecnológica, es decir, se comienza a desarrollar un área que se aboque al trabajo con el medio socio productivo y con el ecosistema emprendedor de la región.

Bajo estas necesidades detectadas es que la UNL decide llevar adelante la creación de la Secretaría de Vinculación y Transferencia Tecnológica (SVyTT), dependiente de Rectorado, con el fin de poner en marcha programas y acciones que fomenten y desarrollen la cultura emprendedora

en la comunidad universitaria. Es así como surgen los primeros convenios de creación de incubadoras de empresas y parque tecnológico con actores estratégicos de la región (como son los gobiernos locales y provinciales, asociaciones empresariales y el sector científico).

Asimismo, se contempla la importancia de instaurar estas líneas de acción como ejes transversales a toda la universidad, propiciando así la articulación entre la SVyTT con las Secretarías de Vinculación y de Relación con el Medio pertenecientes a cada unidad académica.

La segunda dimensión, **Preparar el Entorno**, incluye una serie de elementos a ser planificados e implementados para permitir el funcionamiento armonioso de una universidad emprendedora. Dichos elementos son: *Compromiso del personal directivo superior; Gestión y políticas de apoyo; Trabajo en red; Financiación; Capacidad organizativa; Personal de innovación; Infraestructura; Asesoramiento y Canales de comunicación.*

Desde hace varios la UNL lleva adelante una política de promoción de iniciativas emprendedoras y de apoyo a la generación de empresas de base científico tecnológica, productiva, social y cultural dentro de su comunidad universitaria; desarrollando para ello una serie de mecanismos y espacios institucionales de formación, intercambio, asesoramiento para acompañar a los emprendedores en los procesos de preincubación, incubación y egreso. Pero también, ha creado y participado de redes nacionales e internacionales, aportando activamente a la construcción de un ecosistema emprendedor integrador, entendiendo que en la sinergia y los objetivos comunes es donde se potencian las posibilidades de éxito.

La universidad ha desarrollado y formalizado recientemente un sistema de Fortalecimiento Emprendedor UNL, demostrando con hechos que lleva la innovación en su ADN. Exponiendo también que una naturaleza innovadora no sólo se define por ser fuente generadora de ciencia y tecnología de avanzada, sino también por ser capaz de brindar aportes significativos a la economía regional y global.

En relación al marco normativo, en el año 1994 se modificó el Estatuto de UNL [3], introduciendo al emprendedorismo como eje institucional. Esta acción permitió que se profundice el trabajo en el área con el paso de los años, trascendiendo a las diferentes gestiones. Además, el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) "Hacia la universidad del centenario" [4], se estructuró en Líneas de Orientación Principales (LOPs) como grandes políticas para guiar las gestiones de UNL. Una de ellas consistió en: una universidad que genere y gestione propuestas académicas dinámicas, flexibles y de calidad destinadas a formar ciudadanos críticos, con sólida formación profesional, aptitud emprendedora, competencias para un desempeño internacional y compromiso social. Asimismo, uno de los objetivos generales del PDI fue: fomentar la incorporación de ciencia y tecnología a la producción y al sector público, propulsando la sustentabilidad y la apropiación social del conocimiento y estimulando el espíritu emprendedor en la comunidad universitaria y en el sitio. El plan recientemente aprobado, Plan Institucional Estratégico "100+10" [5], se organiza en Líneas Institucionales, Objetivos asociados y Ejes Transversales, donde una de las líneas estratégicas se basa en la cooperación prioritaria con los actores sociales y productivos en el territorio.

Más allá de la inclusión en los planes estratégicos, el compromiso de la UNL con el emprendedorismo se refleja en la creación de una Secretaría específica (SVyTT) que diseña las estrategias para trabajar en la comunidad universitaria y en la región. Las mismas se coordinan para su ejecución conjuntamente con las Secretarías existentes en cada Unidad Académica.

Por otro lado, la UNL cuenta con una Especialización en Vinculación y Gestión Tecnológica cuyo objetivo es la formación continua del personal que trabaja en las secretarías, tanto de las facultades como a nivel central.

En tanto, la gestión de la comunicación institucional también se realiza de manera conjunta entre el área de comunicación de la SVyTT y las áreas de prensa de las diferentes facultades; permitiendo así compartir y replicar la información por todos los medios y canales existentes.

Con todo esto se puede afirmar que el emprendedorismo en UNL está consolidado y legitimado como horizonte de grandes metas políticas y como herramienta de gestión.

La tercera dimensión son los **Actores Involucrados**. Esta no es una tarea fácil porque los ecosistemas emprendedores tienen muchos actores. Enfocándose en los actores principales, debe involucrarse a los siguientes: *Gestión de la universidad, Estudiantes, Investigadores, Docentes y mentores, Personal/staff, Graduados, Industria, Organismos de financiación y Sociedad.*

La UNL promueve las iniciativas emprendedoras que surgen del ámbito de la comunidad universitaria, como así también en distintos sectores de la sociedad y propicia además, a partir de diferentes herramientas, la conformación, incubación y puesta en marcha de empresas entre alumnos, docentes, investigadores y graduados. Por intermedio de estas acciones la Universidad asume una actitud activa y transformadora del entorno social del que es parte, buscando aportar al crecimiento de un tejido económico sólido y sustentable, que amplíe las posibilidades de inserción laboral genuina para los distintos segmentos de la comunidad.

La UNL cuenta, además, con ofertas formativas de grado y posgrado y cursos de capacitación vinculados al fortalecimiento y motivación de las actitudes y aptitudes emprendedoras,

brindando instrumentos para la constitución y puesta en marcha de empresas y otras organizaciones. Estas acciones, además de incluir a los estudiantes, abarcan tanto a docentes/investigadores como al personal de gestión y graduados de la universidad.

En la cuarta dimensión, **Conducir las Acciones**, las acciones esenciales seleccionadas son: *Cursos; Desafíos, Eventos; Proyectos internacionales; Colaboración universidad-industria; Protección de la propiedad intelectual; Transferencia tecnológica y transferencia de conocimiento; Apoyo para las Start-up y Apoyo a Spin-off.*

Con el objetivo de promover la cultura emprendedora en la comunidad universitaria, se llevan a cabo estrategias para la formación de emprendedores, acompañando y asesorando en el desarrollo de proyectos innovadores con impacto positivo en el territorio; incentivando y estableciendo redes en el ecosistema emprendedor de la región.

En el sistema de desarrollo emprendedor de la UNL, se ofrecen distintas herramientas para formarse y capacitarse como son las cátedras de emprendedores (con dictado desde el año 2005), donde se ofrecen dos espacios de formación de manera continua y transversal (Taller de competencias emprendedoras y Seminario Laboratorio de Emprendedores), destinados a toda la comunidad de la UNL, cuyos propósitos consisten en introducir a los estudiantes en el mundo emprendedor y brindar herramientas para afrontar los desafíos y problemáticas de los primeros estadios del proceso de desarrollo emprendedor. [6, 7].

Por otro lado, durante los meses de febrero y marzo se dictan a toda la comunidad los cursos de verano (desde el año 2007), donde se abordan las tendencias de mercado, últimas tecnologías, nuevas metodologías y actualizaciones de aspectos claves para emprendedores y startups.

La UNL cuenta con una extensa trayectoria en materia de trabajo sobre la temática de género (investigaciones, programa de género, proyectos de extensión, entre otros). Con estos antecedentes y con el ánimo de fortalecer los procesos de crecimiento de las mujeres emprendedoras, es que desde la SVyTT con la participación de la Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología y de la Secretaría Extensión Social y Cultural de la UNL, se asumió el compromiso de realizar el curso de formación integral para mujeres emprendedoras (desde el año 2019), cuyo objetivo es orientarlas en el armado de "su plan de negocios", diferenciándose de las tradicionales guías de formación de emprendimiento, al abordar las limitaciones específicas de género que tienen las mujeres a la hora de emprender. Esta instancia de formación se realiza en conjunto con CRIAR (Asociación Civil Sin Fines de Lucro), institución que aborda las problemáticas de género en el desarrollo de nuevos negocios, para favorecer el intercambio de ideas y promover el desarrollo personal y profesional de la mujer.

Una de las propuestas más recientes relacionadas a la formación de formadores es la puesta en marcha del primer curso de posgrado denominado "Formar, Innovar, Emprender: Escenarios de la Práctica Docente", que es una propuesta destinada a gestores, docentes, investigadores y/o extensionistas de la universidad. Consiste en reconocer la importancia de un enfoque emprendedor vinculado a las prácticas de enseñanza, extensión e investigación docente, propulsando opciones formativas interdisciplinarias y colaborativas, coherentes con el concepto de fenómeno emprendedor entendido como un proceso de innovación e invención de nuevas formas organizativas y productivas.

Por otro lado, se puede indicar que la universidad se involucra en procesos de incubación de empresas y en la administración y gestión de gabinetes para emprendedores, incubadoras de empresas científicas, productivas y culturales; parques y polos tecnológicos como así también en la aceleración de negocios científicos. En estos espacios se brinda apoyo técnico; capacitación y asesoramiento en gestión, planificación, armado del plan de negocios, comercialización y financiamiento; facilitando el acceso a todos los servicios especializados de la universidad [8, 9]. Los proyectos pueden pertenecer a integrantes de la comunidad académica como de la sociedad en general y deben partir de ideas de negocios sustentables social y económicamente.

En relación a la promoción y difusión de la cultura emprendedora algunas de las acciones y dispositivos que se implementan son: *Tour emprendeUNL*, Intervenciones en las distintas unidades académicas y espacios del ecosistema emprendedor de la región con dispositivos lúdicos e interactivos para dar a conocer la oferta de herramientas para emprender; *Innovatón solidario*, Evento que convoca a estudiantes-emprendedores con motivo de participar en una "maratón de ideas" para resolver desafíos planteados. A partir de esta acción se pretende sensibilizar a los participantes con las problemáticas de la región y despertar las iniciativas emprendedoras apelando a la creatividad y la innovación; *Producción y publicación de contenido sobre testimonios y experiencias de emprendedores de la UNL*; *Charlas de sensibilización sobre emprendedorismo e innovación en diferentes instituciones de la región*; *TEDX UNL*, se trata de un espacio para compartir charlas, conocer proyectos, ideas e historias valiosas; *Caminatas de Mentoreo para Mujeres Emprendedoras*, es un evento local con impacto global que se suma al movimiento mundial organizado por Vital Voices Global Partnership. Mediante la modalidad de caminatas de mentoreo, el objetivo es brindar capacitación y conexiones a mujeres jóvenes para que logren que su visión o

proyecto se vuelva realidad, cambien la cultura de su entorno, adquieran reconocimiento global y reinviertan en otras mujeres y, finalmente, *Jornada Internacional de Jóvenes Emprendedores (JIJE)*, un evento con 15 años de trayectoria y constante crecimiento, en el cual se reúnen estudiantes con iniciativas creativas y emprendedores principiantes provenientes de instituciones del ámbito local, nacional e internacional, favoreciendo el pensamiento global, la inteligencia colectiva y la amplitud de las redes de contacto. A partir de esta propuesta se busca incentivar el espíritu emprendedor, ampliar la base de emprendedores, generar proyectos innovadores, entrenar competencias emprendedoras y brindar un primer espacio de validación con tolerancia al error y énfasis en el aprendizaje [10].

La quinta dimensión, **Generar Valor para los Actores**, reúne los elementos que justifican la existencia del ecosistema: *Mejores profesionales, Profesionales emprendedores, Empresas nuevas, Trabajo y progreso tecnológico, Mejores productos y servicios, Soluciones a problemas sociales, Soluciones a problemas medioambientales, Aumento en el producto bruto interno y Lugares de trabajo inspiradores.*

En cuanto a los graduados, desde la UNL se trabaja constantemente en la planificación de las carreras y sus perfiles, como aspectos que, si bien cambian a lo largo del tiempo, tienen como elemento común y distintivo de la institución el compromiso social, dado que se trata de una universidad pública y como tal pretende aportar una formación en ese sentido, con excelencia académica. Se busca que el graduado universitario tenga competencias, habilidades y destrezas para poder adaptarse a los cambios sociales, y al mismo tiempo generar propuestas innovadoras que impacten en el entorno.

Se trabaja fuertemente para mantener y reforzar el vínculo con los graduados, y generar sinergias en conjunto. En este sentido, se realizan acciones como la *Encuesta para graduados UNL*, con el objeto de indagar sobre intereses y expectativas, y ofrecer las mejores propuestas y oferta de posibilidades en cuanto a cursos de posgrados; el *Mapa de Graduados*, como un espacio de construcción colaborativa que implica un vínculo de pertenencia y de identificación; el programa *Padrinos UNL*, que de manera particular o invitando a empresas/instituciones en donde se desempeñan, los egresados se comprometen económicamente con la educación pública y la universidad. La intención de la UNL es ser una “aliada estratégica” para que los egresados desarrollen de la mejor manera su actividad profesional y académica.

Por otro lado, se han implementado planes para que los egresados retornen a sus ciudades o localidades de origen, como profesionales formados desde lo académico pero también con numerosas herramientas que les permitan trabajar en su actividad o emprender, generando impactos positivos en la región. En este sentido, los espacios de apoyo para favorecer el emprendedorismo, que se mencionan a lo largo de este trabajo, se extienden con especial énfasis a todos los graduados de la UNL. Se pretende que los profesionales puedan generar emprendimientos, produciendo un efecto de derrame en el contexto inmediato: nuevos puestos de trabajo, mayores ingresos para las economías locales, mejora de la calidad de vida, etc.

Cabe destacar que para la creación de las empresas, el apoyo que se brinda desde la UNL se orienta no sólo a pensar en un esquema del desarrollo local, sino también a contemplar la dimensión internacional y a que las actividades se orienten a soluciones con triple impacto (social, medioambiental y económico) en base al modelo de economía circular.

Finalmente, en relación a esta dimensión, la UNL forma parte del Parque Tecnológico del Litoral Centro-PTLC [11], que, además de ser un espacio de gran relevancia en el que los sectores científico-tecnológico, gubernamental y empresarial se asocian para apoyar el crecimiento de empresas de base científico-tecnológica, estimulando la innovación de alto impacto para desarrollar nuevas tecnologías y ampliar las oportunidades de trabajo, representa un porcentaje significativo en el PBI de la provincia de Santa Fe, fomentando un crecimiento exponencial de las exportaciones en los últimos 10 años.

La sexta dimensión, **Medir Resultados**, incluye indicadores clave seleccionados para llevar un control del rendimiento y progreso hacia una universidad emprendedora duradera. La serie incluye tres indicadores orientados al proceso y siete orientados al resultado. Entre los primeros se encuentran: *Cantidad de personas alcanzadas, Capacidad de los parques tecnológicos o incubadoras, y Número actual de empresas incubadas. Los siete indicadores orientados al resultado son: Startups (Empresas emergentes) derivadas de la universidad en los últimos 5 años; Solicitudes de patentes en los últimos 5 años, Patentes otorgadas en los últimos 5 años; Dinero recibido de regalías en los últimos 5 años; Contratos con empresas externas en los últimos 5 años; Monto de dinero generado por contratos con empresas externas en los últimos 5 años e Impacto en la economía local.*

En relación a los indicadores orientados al proceso, en UNL se han diseñado métricas teniendo en cuenta los objetivos que persigue la institución en función de la política emprendedora que lleva adelante [12]. La funcionalidad de los mismos tiene como propósito una evaluación clara de la gestión y desempeño de las acciones formativas, de asistencia técnica y de comunidad

empresarial. Al mismo tiempo, se busca analizar las modalidades de evaluación que se venían realizando hasta el momento y la participación de todos los responsables de realizar y de mantener actualizados los registros pertinentes. Estos indicadores se utilizan anualmente para la evaluación de la gestión.

Algunos de los indicadores utilizados para medir la estructura organizativa hacen referencia a la normativa institucional, a los programas políticos-financieros que habilitan a la acción orientada; los fondos, financiamiento y el destino de los mismos.

En relación a los recursos humanos que participan de los espacios, se analizan cuestiones relacionadas al perfil profesional, calificación general y específica del puesto, dedicación laboral y años de permanencia en los puestos específicos.

Por otro lado, se evalúan aspectos organizativos relacionados al proceso de trabajo (ej. trabajo por áreas, por proyectos, procedimientos documentados, entre otros) y de comunicación (medios, modos y calidad de la comunicación entre el personal de asistencia técnica, facilitadores de los espacios de coworking y la comunidad emprendedora).

Al mismo tiempo, se aplican indicadores para evaluar la articulación entre la SVyTT y las secretarías dependientes de las unidades académicas, buscando medir la cantidad y objetivos de las actividades conjuntas de trabajo cotidiano y en propuestas extraordinarias.

En lo que respecta a los indicadores de resultado, los mismos miden el esfuerzo de ciertas acciones claves orientadas a la interacción con la comunidad y a la resolución de los objetivos de la política institucional de emprendedorismo de UNL. La frecuencia que comprenden los indicadores es anual.

Dichos indicadores se relacionan con las actividades de asistencia técnica (análisis de proyectos preincubados activos, incubados y egresados), con la capacitación (evaluación de cursos/talleres a demanda y capacitación continua: cátedras para emprendedores, cursos de verano, programas de formación de mujeres emprendedoras, curso de posgrado de formación de formadores) y, finalmente, con acciones de la comunidad emprendedora (análisis de la promoción de la cultura emprendedora: JIJE, Innovatón y maratón de ideas, presentaciones públicas de emprendimientos).

El objetivo de la aplicación y posterior análisis de los indicadores es contar con mayores herramientas para comprobar el grado de éxito de la política institucional de la universidad.

3. CONCLUSIONES:

A partir de la aplicación del Modelo desarrollado por el consorcio latinoamericano-europeo al caso de la Universidad Nacional del Litoral, se pueden destacar aspectos fuertes y débiles que hacen a la cultura y al desarrollo de la política institucional que lleva adelante la UNL en materia de emprendedorismo e innovación.

En primer lugar, se observa una extensa trayectoria en el trabajo de desarrollo del ecosistema emprendedor relacionado con la vinculación tecnológica, el asesoramiento a empresas de la región y la visibilización y puesta en valor de propuestas creadas y desarrolladas dentro de la universidad. Por otra parte, otra fortaleza es que UNL cuenta con espacios institucionalizados de trabajo en la temática, con recursos humanos altamente profesionalizados y formados en las distintas áreas que conforman el campo de conocimiento de un emprendedor. Se puede destacar además la capacidad de UNL para articular con sectores productivos, gubernamentales y científico-tecnológicos a lo largo del territorio.

En segundo lugar, en lo que respecta a los aspectos a mejorar, se puede mencionar la necesidad de profundizar en la articulación entre los diferentes espacios de apoyo a los emprendedores gestionados por la universidad. Puede señalarse que este aspecto suele estar vinculado a las características propias de las instituciones públicas, que presentan estructuras rígidas y piramidales, con una marcada lentitud para adaptarse a los cambios del entorno. Otro aspecto a trabajar consiste en la sistematización y análisis periódico de los datos surgidos de las actividades desarrolladas, de manera tal de poder utilizar dicha información para la mejora de los procedimientos de trabajo.

Finalmente, cabe mencionar que, si bien el Modelo presentado es una expresión del contexto específico del consorcio de universidad que lo diseñaron, sirve también como referencia para otras universidades que buscan desarrollar estrategias y recomendaciones para fortalecer el espíritu emprendedor.

4. REFERENCIAS.

- [1] Gibb A., Hofer A-R & Klofsten, M. (2018). *The entrepreneurial higher innovation education institution: A review of the concept and its relevance today*. HEInnovate.
- [2] LISTO Project (2020). LISTO Toolkit for Entrepreneurial Universities. Uppsala (Sweden): Uppsala University. 1st edition.
- [3] Estatuto UNL. Disponible en: <https://www.unl.edu.ar/institucional/concursos-vigentes-para-personal-no-docente-de-la-unl/>
- [4] Plan de Desarrollo Institucional UNL. Disponible en: <https://www.unl.edu.ar/institucional/planes-de-desarrollo-institucionales/>
- [5] Plan Institucional Estratégico UNL. Disponible en: <https://www.unl.edu.ar/pie/>
- [6] Cruz M., Garzon Y. (2019). “Taller De Competencias Emprendedoras UNL: Práctica Experiencial” . 7mo Congreso Internacional de la REDUE, Santa Fe, Argentina.
- [7] Giordano, M. (2018). “Programa Emprendedores UNL: una formación diferente”. Boletín Nodocios.
- [8] <http://www.incubadora-idear.org.ar/index.php?lang=es>
- [9] <http://expresivasantafe.com.ar/>
- [10] Storani M., Bertaina, L. (2019). “Jornada Internacional De Jóvenes Emprendedores”. 7mo Congreso Internacional de la REDUE, Santa Fe, Argentina.
- [11] <http://www.ptlc.org.ar/quienes-somos/>
- [12] Carlen A., Marzocchi D., Caloia S., y Panceri S. (2019). “Proceso De Preincubación Del Programa Emprendedores”. 7mo Congreso Internacional de la REDUE, Santa Fe, Argentina.

Diseño de equipo para grabación de piezas metálicas

Neira, Rodolfo *; Cavallo, Julián; Gribaudo, Franco; Neira, Rodolfo (h)

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional.
rodolfoneira8@gmail.com; JACavallo@teco.com.ar; francog_utn@hotmail.com;
neirarodolfo@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo presenta el avance en el diseño de un equipo de grabación de barras hexagonales de acero para identificarlas, con ello otorgar trazabilidad a los productos terminados durante todo el proceso productivo y, evitar la deformación y posterior deterioro de los mismos. El estudio para este trabajo, se realiza comparando y analizando las diferentes alternativas de grabación para determinar cuál de ellas brinda más efectividad, seguridad y confiabilidad, evitando complicaciones y posibles deformaciones del producto final, con el consiguiente aumento de los costos de producción. En base a los objetivos del proyecto y la utilidad del equipo de grabación, se obtuvo efectividad, seguridad y dinamismo. El desarrollo de este equipo, permite dar solución a una demanda local insatisfecha para identificar productos a lo largo del proceso de fabricación y la cadena de suministros, como así también encontrar piezas para su mantenimiento o retiro. Los resultados obtenidos también pueden ser utilizados en otras ramas de la industria, en especial, se puede aplicar en procesos continuos de fabricación, donde es elevado el volumen de piezas. Además, los mismos permitirán que el conocimiento obtenido resulte de utilidad y relevancia en las cátedras de las carreras de Ingenierías.

Palabras Claves: Diseño, Equipo, Piezas metálicas, Trazabilidad

ABSTRACT This work presents the advance in the design of an equipment for recording hexagonal steel bars to identify them, thereby granting traceability to the finished products throughout the production process and avoiding their deformation and subsequent deterioration. The study for this work is carried out by comparing and analyzing the different recording alternatives to determine which of them provides more effectiveness, safety and reliability, avoiding complications and possible deformations of the final product, with the consequent increase in production costs. Based on the objectives of the project and the usefulness of the recording equipment, effectiveness, safety and dynamism were obtained. The development of this equipment allows a solution to an unsatisfied local demand to identify products throughout the manufacturing process and the supply chain, as well as to find parts for maintenance or retirement. The results obtained can also be used in other branches of the industry, especially, it can be applied in continuous manufacturing processes, where the volume of parts is high. In addition, they will allow the knowledge obtained to be useful and relevant in the chairs of Engineering careers.

Keywords: Design, Equipment, Metal parts, Traceability

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas y las industrias necesitan de herramientas que les permitan realizar el seguimiento de las piezas a lo largo del proceso de fabricación y la cadena de suministros, como así también, resulta perfecto a la hora de encontrar piezas para su mantenimiento o retiro y, puede ser de ayuda en la resolución de la responsabilidad y la garantía. Necesitan de un soporte tecnológico para reconstruir el proceso histórico de un producto y de conocer su destino más inmediato, esto se logra al implementar un plan de trazabilidad, que les permitan “seguir la pista”, “conocer la historia” o “localizar sus productos” de forma ágil, rápida, eficaz y sin errores, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución. [1]

Capítulo aparte, se destacan los productos intangibles como el software, donde autores como Gotel y Finkelstein, definen la trazabilidad como: “La capacidad para describir y seguir la vida de un requisito, tanto hacia adelante como hacia atrás”. En este contexto, el principal objetivo es asegurar que el software desarrollado cumple con las expectativas del usuario (o cliente), de forma que permita comprobar si cada requisito ha sido satisfecho o, si cada componente del sistema satisface al menos un requisito.[2]

La trazabilidad es una herramienta que tiene varios objetivos predeterminados. Puede considerarse un elemento entre otros, diseñados para mejorar la seguridad, el control de calidad, combatir el fraude y, administrar cadenas logísticas complejas. Cada entorno de producción y el sustrato de cada producto son exclusivos y, requieren una atención especial a la hora de seleccionar la tecnología de codificado y, para que efectivamente facilitar la trazabilidad, deben estar presentes las capacidades de seguimiento y rastreo. [3]

En la producción de piezas, el uso de códigos legibles por máquina puede contribuir a reducir la necesidad de introducir códigos de forma manual, aumentar la precisión del proceso de codificado y agilizar el intercambio de datos. Los códigos generados de forma electrónica que incluyen códigos de barras en 1D y 2D brindan capacidades sencillas de almacenamiento de datos y pueden usarse en sistemas de TI internos. Durante más de 20 años, los códigos de barras en 1D se han usado frecuentemente para el suministro de datos; sin embargo, los formatos en 2D los están sustituyendo. Esto se debe a que los códigos en 2D pueden albergar más información en menos espacio, así como aplicarse con diversos métodos de marcaje directo. [4]

Las tecnologías de marcaje más habituales que se utilizan para el DPM (por sus siglas en inglés), se incluyen el láser, la inyección de tinta, el marcaje por puntos y el grabado electroquímico. Al comparar estas tecnologías, es importante centrarse en el material que se va a marcar, la flexibilidad del proceso, los factores del costo, la velocidad, el rendimiento y las oportunidades de automatización.

En el ámbito local, existe un importante polo productivo, que cuenta con la presencia de industrias metalúrgicas, metalmecánicas, oleohidráulicas, eléctricas, electrónicas, entre otras, donde varias de ellas exportan sus productos, lo que exige cumplir con los estándares requeridos por el comercio internacional, en la identificación de productos para su seguimiento y rastreo.

Desde hace muchos años, se aplican métodos de grabación de barras para la identificación y trazabilidad de las piezas metálicas, entre ellas, grabado con láser, la micropercusión y la electroerosión y, como establece la norma ISO 9000:2015 “Cuando la trazabilidad es un requisito, la organización debería controlar y registrar la identificación única e inequívoca del producto”. Ante la demanda de las industrias del medio que necesitan o quieren acceder a mercados globales, se les hace imprescindible tener identificados sus productos, aquí es imperioso encontrar tecnologías que permitan realizarlo teniendo en cuenta el material que se va a marcar, el costo de su implementación, la velocidad de marcado, la flexibilidad del proceso de identificación y, las posibilidades concretas de automatización y, esto cobra mayor importancia en aquellas donde la variedad y cantidad de piezas es muy elevada, en el orden de cien mil mensuales. Para eso es indispensable un grabado donde se distinga la marca de fábrica, fecha y lote de fabricación, en virtud de que los procesos productivos de ensamblaje se pueden llevar a cabo por empresas nacionales o, por otras, radicadas en el exterior. [5]

En este trabajo se presenta el estudio y diseño de un equipo alternativo de grabación de marcaje de piezas metálicas obteniendo efectividad, seguridad y dinamismo.

2. METODOLOGÍA

Se realizó una exploración de bibliografía tanto a nivel nacional como internacional sobre la identificación y trazabilidad de piezas metálicas y, estudio de métodos de grabación. Como ejemplo se puede mencionar a la tecnología de identificación por radiofrecuencia o RFID, trabajando bajo el estándar de identificación global EPC (por sus siglas en inglés “*Electronic Product Code*”) ha revolucionado las cadenas de suministro a nivel global por su capacidad de incrementar la trazabilidad, visibilidad y eficiencia operativa, sin embargo, no ha sido abordado el impacto que puede tener como herramienta de seguridad para las compañías.

Relevando la información existente sobre el tema, se investigan las diferentes alternativas posibles, el grabado con tecnología láser, puede alterar las propiedades del material a mecanizar, además de presentar un excesivo costo económico y productivo. La de utilizar micro percusión, para

generar la impronta deseada se requiere de un espacio amplio para su implementación. En piezas muy pequeñas no es viable. En la electroerosión no es factible cuando existe gran cantidad de piezas que deberían grabarse de forma individual.

Uno de los retos actuales sería encontrar un método de marcaje de piezas metálicas que brinde al mismo tiempo efectividad, seguridad y dinamismo, en el monitoreo y seguimiento del proceso de industrialización de las piezas hasta su finalización y, posterior comercialización.

Con este equipo, se estudiará la realización del grabado antes del proceso productivo, aplicando presión a las barras hexagonales previo al mecanizado, debido a sus propiedades mecánicas y su gran maleabilidad, evitando así complicaciones y posibles deformaciones del producto final, la materia prima a utilizar sería barras hexagonales de tres metros de longitud, provistas con aceite que las protege de la corrosión.

Estas investigaciones nos permitirán evaluar, si al tomar acciones con anticipación, teniendo los parámetros normales de métodos de grabación de piezas metálicas, utilizando la impronta de presión, se evitarían problemas, en caso de una pieza hueca la posibilidad de deformarla permanentemente afectando su funcionalidad y, cuando la cantidad de productos y dimensiones distintas es numerosa, demandaría gran cantidad de dispositivos y agregaría costo al producto debido a la lentitud de marcado, con la complicación en la trazabilidad de los mismos.

La demanda insatisfecha de una firma local que produce numerosos accesorios de distintos tamaños, variedad y cantidad de piezas metálicas y, después de varios años de buscar alternativas para identificar sus productos sin encontrar un equipo que realice este trabajo en forma satisfactoria, se decidió diseñar un equipo que realice el grabado antes del proceso productivo evitando así complicaciones y posibles deformaciones del producto final. Cabe destacar que todas las piezas son huecas ya que por ellos debe existir un libre pasaje de fluido e, identificar en cada una la marca de la empresa, fecha y lote de fabricación.

Debido a la inexistencia de máquinas similares que realicen la identificación de piezas metálicas que se fabrican en distintos tamaños, variedad y, elevadas cantidades, se decidió realizar el diseño de un equipo alternativo de grabación, para obtener efectividad, seguridad y dinamismo, lo que era requerido por el polo industrial metalúrgico local.

2.1. Diseño de prototipo de equipo de grabación.

Conforme a que no se encuentran máquinas similares en el mercado local utilizadas para marcar y dar identificación a las futuras piezas terminadas, se decidió realizar el diseño de la misma.

Entre las alternativas posibles, se descartó grabar con láser para no alterar las propiedades del material a mecanizar, además de su excesivo costo económico y productivo. Se eliminó la posibilidad de utilizar micro percusión debido a la incapacidad de generar la impronta deseada en el reducido espacio que se dispone. La electroerosión no fue factible debido a la gran cantidad de piezas que deberían grabarse de forma individual.

Se definió entonces realizar la impronta mediante presión. De hacerlo sobre la pieza terminada se presentarían dos problemas, el primero que siendo una pieza hueca cabía la posibilidad de deformarla permanentemente afectando su funcionalidad. El segundo es la numerosa cantidad de productos y dimensiones distintas, lo que demandaría gran cantidad de dispositivos y agregaría costo al producto debido a la lentitud de marcado. Se decidió entonces que la impronta se realice aplicando presión al material en bruto previo al mecanizado debido a sus propiedades mecánicas y su gran maleabilidad.

Al momento de elegir el método de transmisión de presión, se propusieron varias alternativas. Se analizó la posibilidad de presionar sobre los tres metros con una matriz del mismo largo, lo que presentó la imposibilidad de distribuir uniformemente la presión en todos los puntos.

Se definió la realización de poleas matrices encargadas de generar las improntas a través de su rotación a medida que avanzaba la barra. Primeramente, se analizó la posibilidad de colocar dos poleas enfrentadas logrando grabar dos caras opuestas del hexágono, con el inconveniente de tener que guiar la barra para que no pierda su centro. Finalmente fue viable con tres poleas distribuidas a 120°, lo que asegura la estabilidad de la barra al momento de ejercer presión y transmitir movimiento, que se observa en la Figura 1.

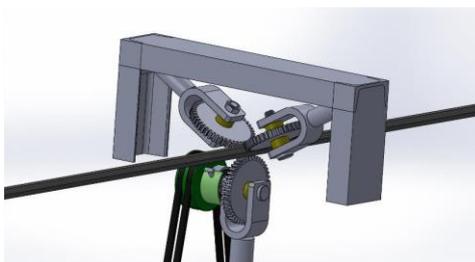


Figura 1 Representación de estructura.

Conociendo el centro de trabajo, se diseñó el diámetro de las poleas en función al tamaño del hexágono a trabajar. Las dos poleas superiores estarán fijadas a la estructura de soporte sobre la bancada de la máquina, y la tercera tendrá libertad de movimiento vertical ya que es la encargada de transmitir la presión al material.

Mediante este diseño, la máquina puede ser utilizada en cualquier planta o proceso productivo en donde se utilicen barras hexagonales en bruto.

El desarrollo de la máquina se dividió en cinco sistemas, a fin de simplificar la comprensión y análisis del conjunto final.

Funciones básicas:

- Sistema de grabado: Incluye poleas, insertos, ejes, bujes, tapa de poleas.
- Sistema hidráulico: Engloba la central hidráulica, válvula reguladora de presión, cilindro hidráulico.
- Sistema eléctrico: Implica las protecciones térmicas y diferenciales, programación de PLC, sensores, pulsadores, mini contactor y relevo térmico.

Funciones secundarias:

- Sistema estático: Comprende bancada, estructura de soporte, lunetas y horquillas superiores.

- Sistema de transmisión: Abarca motorreductor, poleas de transmisión, correas, tensor.

Para el desarrollo del equipo, se trabajó en conjunto con el personal técnico responsable de la firma y, los profesionales del área de Ingeniería Electromecánica de la UTN Facultad Regional San Francisco. Se buscaron soluciones a las diferentes propuestas que se fueron presentando.

2.1.1 Funcionamiento.

Colocadas las tres poleas, se inicia la máquina ubicándose el cilindro hidráulico en la posición de espera, cercana al punto de trabajo. El ciclo comienza cuando el sensor infrarrojo de posición ubicado dentro del arco, detecta la presencia de material. En ese momento, la electroválvula se posiciona alimentando el cilindro hasta lograr la presión necesaria en la barra. El operario deberá mantener presionados dos pulsadores, iniciando así la marcha del motorreductor. A través de un juego polea-correa-tensor, se transmite el movimiento a la polea central que, al estar en contacto con la barra, la hará avanzar hasta completar el trabajo. En ese momento, el sensor infrarrojo revela la ausencia de material y envía la orden a la electroválvula para hacer retirar el cilindro hasta la posición de espera.

La transmisión de movimiento de avance inicia desde el reductor hasta la polea central a través de correas. La polea de grabado tendrá movimiento vertical, por lo que se adaptó un manguito estriado para vincular el eje de la misma con la polea de transmisión, haciéndolo fácilmente desmontable. Existe un tensor colocado en el sistema de transmisión, encargado de generar la tensión necesaria para la transmisión. Además, deberá absorber el largo de correa sobrante cuando el cilindro esté en su posición de reposo evitando que salga de las guías de las poleas.

2.1.2 Descripción técnica de la máquina.

La máquina dejará la impronta en la barra una vez que ésta se apoye en el centro de transmisión donde la polea principal se encargará de darle el movimiento de avance, el cual recibe de un reductor de velocidad conectado a un motor eléctrico de 2hp y será ubicada en la posición exacta por medio de un cilindro hidráulico que además ejercerá la fuerza necesaria para marcarlas.

Las poleas intercambiables están separadas 120 grados lo cual brindará la posibilidad de mantener la barra centrada durante todo el proceso y de marcar cualquiera de las tres caras en contacto con las mismas. Para el diseño de la máquina, se analizaron los sistemas descriptos.

La estructura sobre la que estará soportada es la bancada de una perforadora antigua que fue descartada por la Empresa. La misma es de chapa con las dimensiones suficientes para contener en su interior los sistemas de transmisión e hidráulico. En su superficie posee un corte el cual es atravesado por la polea principal. Ya que el tamaño de la mesa de apoyo es muy pequeño comparado con el largo de las barras, se fabricarán dos lunetas para colocar antes y después del grabado que servirán de apoyo a la misma. Éstas contarán con un rodillo montado sobre rodamientos lo que facilitará el deslizamiento del material a grabar, que se observa en la Figura 2.



Figura 2 Grabadora de barras y soportes de apoyo.

2.2. Estructura.

El arco que absorberá las reacciones de las fuerzas actuantes estará compuesto por tres tramos de perfil UPN 80 soldados. En cada vértice interno irá soldada una pieza fresada que dará rigidez a la estructura y alojará los vástagos portantes de las poleas de grabado. El fresado se realiza para lograr obtener los 120° necesarios entre cada cara del hexágono. A su vez, se le realiza un perforado normal a la cara trabajada donde encastrarán los vástagos para luego poder soldarlos sin perder el ángulo logrado. Estos vástagos serán fabricados de un redondo en bruto de diámetro 25,4. Se optó por realizarlos en material SAE 1045 debido a su alta soldabilidad, como se muestra en la Figura 3.

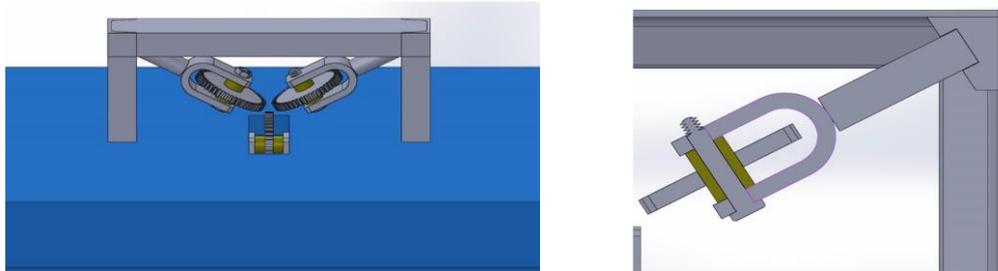


Figura 3 Arco soldado y corte ensamble vástago.

2.3. Sistema de grabado.

Para el grabado contamos con las poleas fabricadas en acero SAE 1045 con tratamiento de templado y revenido, evitando así su desgaste. Posee ranuras en las que los insertos una vez colocados no tendrán movimiento gracias a su geometría y a las tapas laterales. El eje es desmontable para luego intercambiar poleas e insertos, y posee su extremo roscado.

Las poleas superiores tendrán libre movimiento rotacional sobre un eje que será soportado por una horquilla que a su vez estará fijada a los vástagos portantes. Entre cada polea y su eje se interpondrá un buje de bronce para prevenir desgastes prematuros. Éste estará clavado en cada rueda, de esta forma al momento de cambiarlas sólo es necesario quitar el eje y retirar el conjunto.

La polea central será la encargada de transmitir el movimiento rotacional proveniente del reductor haciendo avanzar la barra y grabándola al mismo momento mediante la presión ejercida por la central hidráulica. Tiene el mismo principio de montaje que las anteriores con la diferencia que no tiene tuerca de apriete, sino que el eje cuenta con un extremo ranurado que se acoplará a un manguito estriado para transmitir el movimiento rotacional. La horquilla encargada de soportar dicho eje estará firmemente unida al vástago del cilindro hidráulico alimentado por la central, como se observa en la Figura 4.

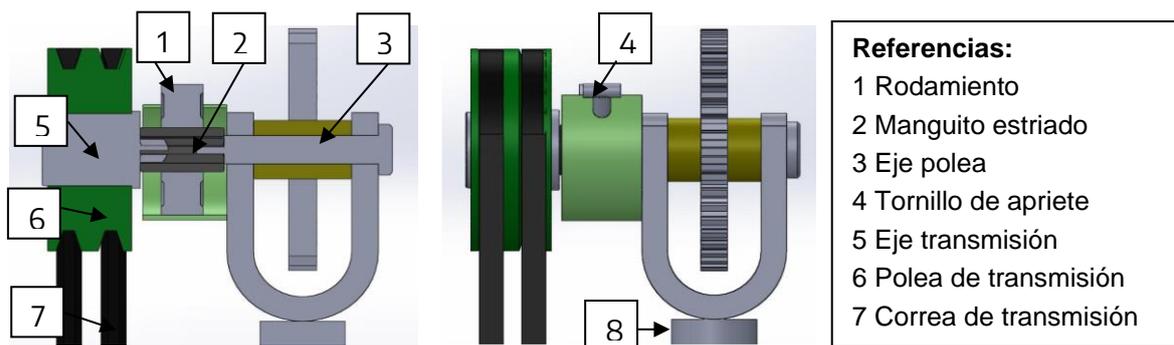


Figura 4 Transmisión de movimiento.

La impronta la generarán insertos fabricados en SAE 8620 con tratamiento de cementado.

Se eligió dicho material debido a su maleabilidad y sus buenas condiciones de cementado, obteniendo una dureza final de entre 55 y 62 Rockwell C (HRc). Cada polea alojará varios insertos, los cuales son fácilmente desmontables para el caso de fractura o desgaste.

El acero utilizado para la construcción del eje es SAE 1045 con tratamiento de cementado.

2.3.1 Ensayo de dureza.

Obteniendo de tablas la dureza que debe tener el acero SAE 1212 trefilado en caliente, según las Normas IRAM, ensayamos una muestra del material que se grabará utilizando un durómetro portátil y, resultados obtenidos según Figura 5, a fin de poder comparar los resultados

con los que indica la norma y así poder realizar los ensayos necesarios con la certeza de la calidad del material con el que se trabajará.



```

---Report of Hardness Tester---
Model: ASIMETO
No:
Operator: 999
2019.07.26 00:07:32
Sensor Type: D
Material: Steel and Cast Steel
Impact Direction: Down
Impact Times: 5
Avg = 118 HB
Max = 137 HB
Min = 109 HB
Detail:
No1 : 110HB, No2 : 115HB
No3 : 137HB, No4 : 123HB
No5 : 109HB
    
```

Cuya información técnica es la siguiente:
MARCA: Asimeto
TIPO: Digital
RANGO DE MEDICIÓN: Superficies Planas
EXACTITUD: HLD ±5, HRC ±1, HB ±4
CAPACIDAD DE IMPACTO: 44 Nmm

Figura 5 Resultados obtenidos por Durómetro portátil de impacto Leeb.

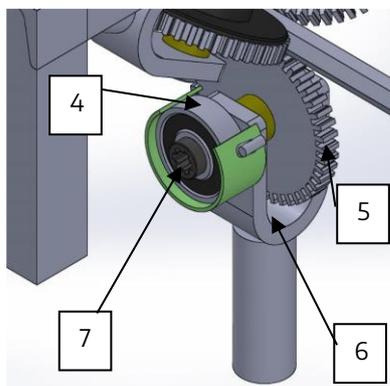
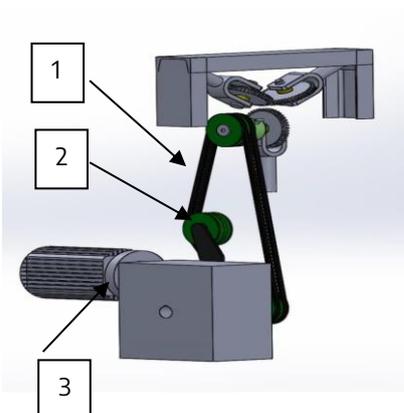
En base a este análisis, se decidió realizar pruebas prácticas de dureza a fin de conocer la fuerza necesaria para conseguir la profundidad deseada. Se utilizó una prensa hidráulica para ejercer presión sobre un inserto de acero SAE 8620 cementado en contacto con la muestra, según Figura 6. En esta prueba práctica, a través de varios ensayos, se determinó que la fuerza necesaria es de 700 kg



Figura 6 Posición previa y resultado del ensayo a 700 kg.

2.4. Sistema de transmisión.

La transmisión de movimiento giratorio a la polea principal se origina en un motorreductor 1:80 con un motor de 2 Hp y 1500 r.p.m. que está conectado a un sistema de poleas-tensor para que en el momento que el cilindro hidráulico cambie la posición de la polea principal las correas permanezcan sobre sus guías. Para la transmisión de este movimiento se diseñó un manguito estriado que transmita la rotación del sistema al eje de la horquilla que se moverá con el cilindro, así se transmite el movimiento vertical sin afectar el sistema de movimiento rotacional. Esta unión nos permite desarmar el acople para realizar el cambio de poleas, según se observa en Figura 7



Referencias:
 1 Correa de transmisión
 2 Tensor
 3 Motorreductor
 4 Rodamiento
 5 Tornillo de sujeción
 6 Soporte de rodamiento

Figura 7 Conjunto de transmisión y ensamble polea central.

2.5. Sistema hidráulico.

La usina hidráulica constará de un motor de 2 Hp y 1500 r.p.m. y una bomba hidráulica de 8 l/min a 2000 r.p.m. que estarán unidas a través de un manchón Tupac de aluminio, como se observa en Figura 8. Esta disposición brindará una presión máxima de 150 bar, muy superior a la necesaria (25 bar) lo que da un margen para regular la profundidad de marcaje ya que las barras pueden ser laminadas o trefiladas lo que les brinda distintas durezas superficiales.



Figura 8 Central hidráulica tipo.

Para regular la presión de trabajo, el circuito hidráulico posee una válvula reguladora de presión manual que estará en fácil acceso para el operario. El único actuador del circuito es un cilindro hidráulico de simple efecto de 2,5 pulgadas (62,5 mm) con vástago de 1,25 pulgadas (31,8 mm) que será comandado por una electroválvula monoestable de 3 vías y 3 posiciones con bobinas de 220 Vac. Los conductores del circuito serán mangueras hidráulicas de 3/8 pulgada (9,53 mm), cuya presión de trabajo es de 330 Bar y presión de rotura cercana a los 1320 Bar. Los conductores y el manómetro son provistos junto con la central hidráulica, cuya estructura completa se observa en la Figura 9.

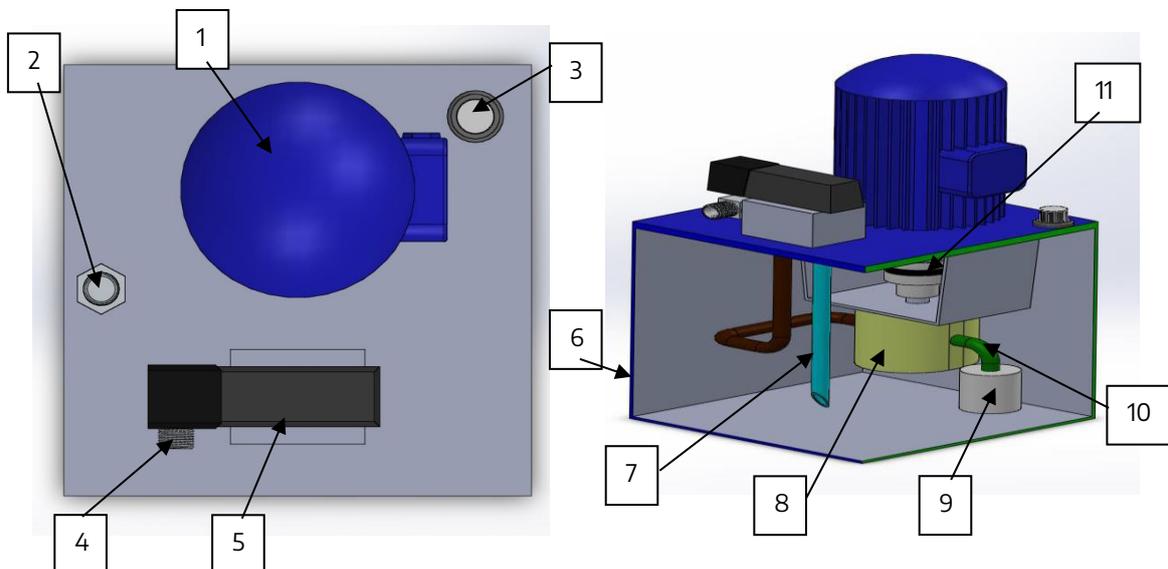


Figura 9 Representación central hidráulica.

Referencias:

- 1 Motor Eléctrico
- 2 Acople de retorno de VRP
- 3 Tapón medidor
- 4 Acople salida de presión
- 5 Electroválvula con placa base
- 6 Tubería de presión
- 7 Tubería de retorno
- 8 Bomba hidráulica
- 9 Filtro de succión
- 10 Tubería de aspiración
- 11 Manchón tupac

2.6. Sistema eléctrico.

Los consumos principales del circuito son los motores eléctricos del motorreductor y de la central hidráulica, según la Ecuación (1), Ecuación (2) y Ecuación (3): [6,7]

$$P = \sqrt{3} \times U_l \times I_l \times F_{dp} \times \eta \tag{1}$$

Donde:

- P: Potencia del motor
- U_l: Tensión de alimentación
- I_l: Corriente consumida
- F_{dp}: Factor de potencia
- η: Rendimiento porcentual

$$1500W = \sqrt{3} \times 380v \times I \times 0,9 \times 0,77 \tag{2}$$

$$I = 3, A \tag{3}$$

Cada motor consumirá 3,29 A con un factor de potencia de 0,9 a un rendimiento del 77%. Para este consumo calculado se decidió colocar una llave termo magnética de 15A y un disyuntor diferencial de 40 A, elementos necesarios para proteger instalación y operario.

En cuanto a la maniobra y protección de los motores, se utilizaron dos minicontactores de 9A con bobina de 220 Vac y acoplado a cada uno se colocó un relevador térmico de 2,8-4 A.

La toma de tensión se realizará a través de una ficha macho de 5 puntos y 16A, con protección IP44. Todo el sistema tendrá su debida puesta a tierra de los elementos conductores que no estarán bajo tensión para proteger al operario de cualquier contacto indirecto.

El cable de alimentación será de tipo TPR de 5 elementos de 2,5 mm². Las conexiones interiores se realizarán con cable unipolar de 1,5 mm².

2.6.1 Automatización.

Al momento de realizar la automatización de la máquina se programó un PLC Logo! De la empresa Siemens, debido a la relación costo-calidad y su sencilla programación, el cual, en conjunto con sensores de posición, mini contactores, mini relevadores y pulsadores, permitió que la máquina pueda ser operada desde un tablero principal siguiendo el método de trabajo.

La programación del PLC se realizó teniendo en cuenta medidas de seguridad, evitando fallas por mal funcionamiento. En caso de activar la parada de emergencia, un mensaje de alerta aparecerá en la pantalla del tablero.

2.6.2 Ciclo de trabajo.

El tablero de comando, según Figura 10, contará con:

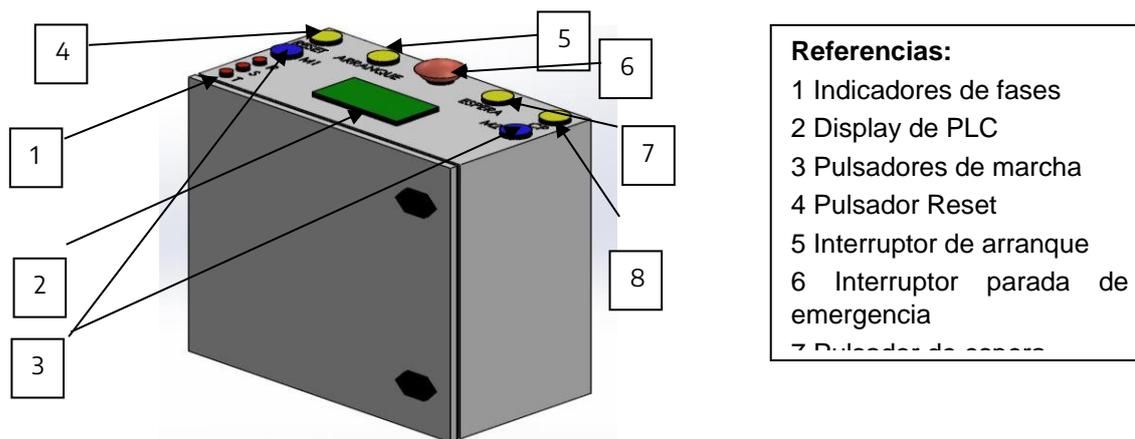


Figura 10 Tablero de comando y Gabinete.

2.7. Memoria de Cálculo.

2.7.1 Poleas.

Para obtener las dimensiones de cada polea, se analizaron los distintos centros posibles considerando los apoyos sobre la mesa y se determinaron los diámetros para cada tamaño de

hexágono. Las ranuras de las poleas fueron diseñadas a fin de evitar que el inserto cambie su posición con el movimiento de la misma. Conociendo los tamaños de cada una, la distancia mínima entre improntas y considerando que para todos los tamaños de hexágono el inserto es el mismo, se calculó la cantidad de ranuras para ajustar la longitud de arco a la requerida para cada material.[8-11].

2.7.2 Cálculo diametral del eje.

Datos

Diámetro = 20 mm; Longitud = 35 mm

La tensión a la que estará solicitado el eje viene dada por la fórmula, Ecuación (4)

$$\sigma = \frac{Mf \times y}{Ip} \quad (4)$$

Para una sección circular, Ecuación (5) y Ecuación (6)

$$Ip = \frac{\pi \times r^4}{4} \quad (5)$$

$$y = r \quad (6)$$

Con un valor de tensión admisible de $\sigma_{adm} = 2400 \text{ Kg/Cm}^2$

Por la geometría del eje, su momento flector es de, Ecuación (7)

$$Mf = 700 \text{ Kg} \times 1,75 \text{ Cm} = 1.225 \text{ Kg Cm} \quad (7)$$

Así su radio mínimo será de, Ecuación (8) y Ecuación (9)

$$2400 \frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} = \frac{1.225 \text{ Kg Cm}}{\frac{\pi}{4} \times r^3} \quad (8)$$

$$r = 0,866 \text{ Cm} \quad (9)$$

Se diseñó el eje con un diámetro de 20mm, cuyo máximo momento flector será, Ecuación (10) y Ecuación (11)

$$2400 \frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} = \frac{Mf}{\frac{\pi}{4} \times r^3} \quad (10)$$

$$Mf = 1.884,95 \text{ Kg Cm} \quad (11)$$

Con el resultado obtenido, se calcula la fuerza máxima que se podrá ejercer sobre el eje, Ecuación (12) y Ecuación (13)

$$Mf = 1.884,95 \text{ Kg Cm} = F \times 1.75 \text{ Cm} \quad (12)$$

$$F = 1.077, 11 \text{ Kg} \quad (13)$$

Tomando este resultado como la fuerza límite de la máquina, se calculará la presión hidráulica máxima que podría soportar el eje, Ecuación (14)

$$P = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \times r^2} = \frac{1.077,11 \text{ Kg}}{\pi \times (3,175 \text{ Cm})^2} = 34,1 \text{ KgCm}^2 \quad (14)$$

2.7.3 Cálculo esfuerzos brazos superiores.

Se calculará el diámetro que deberá tener cada brazo para soportar la fuerza recibida por el sistema. Cada cilindro tendrá una longitud de 85,4mm posicionados a 60° con la vertical, Ecuación (15)

$$\sigma = \frac{Mf \times y}{Ip} \quad (15)$$

Para una sección circular, Ecuación (16) y Ecuación (17)

$$I_p = \frac{\pi \times r^4}{4} \quad (16)$$

$$y = r \quad (17)$$

Con un valor de tensión admisible de $\sigma_{adm}=2400 \text{ Kg/Cm}^2$

Por la geometría y posición del eje, su momento flector es de, Ecuación (18), Ecuación (19) y Ecuación (20)

$$M_f = 350 \text{ Kg} \times 8,54 \text{ Cm} \times \cos 30^\circ = 2.588,55 \text{ Kg Cm} \quad (18)$$

$$2400 \frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} = \frac{2.588,55 \text{ Kg Cm}}{\frac{\pi}{4} \times r^3} \quad (19)$$

$$r=1,11 \text{ Cm} \quad (20)$$

El diámetro de diseño es de 25,4 mm, por lo que se concluye que admite el momento flector calculado. Se demostrará a continuación la presión hidráulica máxima que tolera las dimensiones de dicho eje, Ecuación (21) y Ecuación (22)

$$2400 \frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2} = \frac{M_f}{\frac{\pi}{4} \times (1,27 \text{ Cm})^3} \quad (21)$$

$$M_f=3.861,11 \text{ Kg Cm} \quad (22)$$

Con el resultado obtenido, se calcula la fuerza máxima que se podrá ejercer sobre el eje, Ecuación (23) y Ecuación (24)

$$M_f = 3.861,11 \text{ Kg Cm} = F_y \times 8,54 \text{ Cm} \times \cos 30^\circ \quad (23)$$

$$F_y=522,06 \text{ Kg} \quad (24)$$

Es decir que cada brazo tolerará 522,06 Kg en dirección vertical, por lo tanto, un total de **1.044,12 Kg**.

Para este valor, la presión de la central hidráulica será de, Ecuación (25) y Ecuación (26)

$$P = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \times r^2} = \frac{1.044,12 \text{ Kg}}{\pi \times (3,175 \text{ Cm})^2} \quad (25)$$

$$P=32,97 \text{ Kg/Cm}^2 \quad (26)$$

2.7.4 Central hidráulica.

La presión a desarrollar por la central hidráulica para lograr el marcado, con un cilindro cuyo diámetro interior es 63,6mm, será, Ecuación (27)

$$P = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \times r^2} = \frac{700 \text{ Kg}}{\pi \times 3,175 \text{ Cm}^2} = 22,1 \text{ Kg/Cm}^2 \quad (27)$$

La presión necesaria para realizar el marcaje será de 22,1 kg/cm².

La presión máxima soportada por el sistema en base a los cálculos anteriores será de **32,97 kg/cm²**. Valor límite a tener en cuenta para la regulación de la válvula de máxima del circuito hidráulico.

2.7.5 Cálculo de esfuerzo de pandeo sobre el vástago.

Para calcular la longitud efectiva, Ecuación (28)

$$Le = k \times L \quad (28)$$

Se considerará que uno de los extremos del vástago estará fijo y el otro libre, por lo que el factor K será de 2,10.

Datos

Longitud del vástago = 200 mm; Diámetro = 32 mm

$$Le = 2,10 \times 200 \text{ mm} = \mathbf{420 \text{ mm}}$$

Sección del vástago = 804,25 mm² = 8,04 x 10⁻⁴ m²

Radio de giro de la sección transversal, Ecuación (29), Ecuación (30) y Ecuación (31)

$$r_m = \sqrt{I_{min}/(A)} \quad (29)$$

$$I_{min} = \frac{\pi \times r^4}{4} \quad (30)$$

$$r_m = \sqrt{51.471,85 \text{ mm}^4 / 804,25 \text{ mm}^2} = \mathbf{8 \text{ mm}} \quad (31)$$

Razón máxima de esbeltez, Ecuación (32)

$$SR_{m\acute{a}x} = \frac{Le}{r_m} = \frac{420 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = \mathbf{52,5} \quad (32)$$

Datos

Módulo de elasticidad (E) = 207 GPa; Resistencia a la cedencia (Sy) = 1,3 GPa

La constante de la columna será, Ecuación (33)

$$Cc = \sqrt{2\pi^2 E/Sy} = \sqrt{2\pi^2 \times 207 \text{ GPa} / 1,3 \text{ GPa}} = \mathbf{56,06} \quad (33)$$

Como $SR_{m\acute{a}x} < Cc$, la columna es corta.

Se utiliza la fórmula de Johnson para calcular la carga crítica de pandeo, Ecuación (34) y Ecuación (35)

$$P_{cr} = A \times Sy \times \left[1 - \frac{Sy \times (SR_{m\acute{a}x})^2}{4 \pi^2 \times E} \right] \quad (34)$$

$$P_{cr} = 8,04 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 1,3 \text{ GPa} \times \left[1 - \frac{1,3 \text{ GPa} \times (52,5)^2}{4 \pi^2 \times 207 \text{ GPa}} \right] = \mathbf{586,91 \text{ kN}} \quad (35)$$

La carga de trabajo es de 7 kN, por lo que se obtiene un amplio margen. Otorgando un factor de diseño **FS = 84**, concluyendo que la carga del sistema será de un 1% respecto a la crítica.

2.7.6 Transmisión.

Se comenzó proponiendo una velocidad de avance de 6 metros por minuto a la barra más pequeña para obtener un trabajo dinámico y a la vez seguro. A este ritmo, los tiempos varían entre 32 y 77 segundos por barra. Para obtener esta velocidad y a la vez lograr que la polea central sea capaz de arrastrar la barra, se optó por colocar un motor eléctrico trifásico de 2 Hp, 4 polos cuya salida son 1480 r.p.m., acoplado a un reductor tipo sinfín – corona con relación 1:80. Entregando una velocidad de 18,5 r.p.m. Se calculan las velocidades para las dos condiciones límites, que vendrán dadas por la menor y mayor sección de barra.

Datos:

Polea Menor

Radio: 20 mm; **Perímetro:** 125 mm = 0,125 m

Polea Mayor

Radio: 47,85 mm; **Perímetro:** 300 mm = 0,30 m

La velocidad de cada barra vendrá dada, según se observa en Tabla 1:

Tabla 1 *Velocidades de avance en condiciones límites.*

Velocidad 1	Velocidad 2
$V1 = \omega \times R$	$V2 = \omega \times r$
$V1 = 18,5 \text{ rpm} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ vta}} \times 0,04785 \text{ m}$	$V2 = 18,5 \text{ rpm} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ vta}} \times 0,02 \text{ m}$
$V1 = 5,562 \frac{\text{m}}{\text{min}}$	$V2 = 2,324 \frac{\text{m}}{\text{min}}$
$V1 = 5,562 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,0927 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$V2 = 2,324 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,0387 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$T1 = \frac{3 \text{ m}}{0,0927 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 32,362 \text{ s}$	$T2 = \frac{3 \text{ m}}{0,0387 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 77,42 \text{ s}$

2.8. Resultados.

Mediante un estudio de los métodos existentes de grabación de piezas metálicas, se decidió analizar las alternativas de trazabilidad para identificar los productos en todo el proceso productivo.

Con el diseño y construcción de esta máquina grabadora se obtuvo como resultado efectividad, seguridad y dinamismo, así se evitan complicaciones y posibles deformaciones del producto final. La construcción de este equipo, es producto de un desarrollo local que traería muchos beneficios al aprovechar la capacidad técnica e intelectual de la comunidad y, permitiría su aplicación a nivel regional y nacional.

3. CONCLUSIONES.

La trazabilidad facilita la capacidad de seguimiento y rastreo de piezas metálicas en las industrias de fabricación continua en grandes cantidades.

Los conocimientos adquiridos como los resultados que se generen de la utilización de este equipo, obtendrán avances en: fácil identificación y trazabilidad de las piezas, disminución de costos de producción, evitar la pérdida de piezas terminadas por deformaciones posteriores, entre otros.

Además, el presente estudio y diseño del equipo, articulará experiencias con que trabajan en relación a la industria, como las Cámaras Industriales y Cámara de Comercio Exterior, se retroalimentarán mutuamente pudiendo utilizar herramientas estadísticas para ser aplicadas en la mejora de la identificación y trazabilidad de piezas metálicas.

Las líneas de investigación y/o disciplinas que podrían utilizar los resultados obtenidos como insumo de conocimiento son: diseño de máquina, diseño asistido por computadora (CAD), mejora en los sistemas de comercialización, aplicación de método adecuado según el tipo y de forma de la pieza, pedagogía y enseñanza de la Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Electrónica y, trabajo cooperativo en ambientes académicos y de orden industrial.

4. REFERENCIAS.

- [1] Sánchez Villagran, R. (2008). *Introducción a la Trazabilidad: Un primer acercamiento para su comprensión e implementación*. 1ª Ed. Editorial: El Escriba. Buenos Aires.
- [2] Gotel, O. C. Z. y Finkelstein, C. W. (1994), "An analysis of the requirements traceability problem", in *Proceedings of the First International Conference on Requirements Engineering*, Colorado Springs, CO, USA 1994, pp. 94-101.
- [3] Ramesh, B., Stubbs, C., Powers, T., & Edwards, M. (1997), "Requirements traceability: Theory and practice", *Annals of Software Engineering*, vol. 3 pp. 397-415.
- [4] Aizenbud-Reshef, N., Nolan, B. T., Rubin, J., & Shaham-Gafni, Y. (2006), "Model traceability", *IBM Systems Journal*, vol. 45 (3), pp. 515-526.
- [5] ISO (2015) *Norma ISO 9000*. Disponible <https://www.iso.org/iso/home.html>
- [6] Pallas Areny, R. (2007). *Sensores y acondicionadores de señal*. 4ª Ed. Editorial: Alfaomega.
- [7] Dorf, R. y Bishop, R. H. (2007). *Sistemas de control moderno*. 10ª Edición impresa. Editorial: Pearson Educación.
- [8] Nash, W. *Resistencia de materiales*. Editorial: Mc Graw Hill.
- [9] Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T. (2007). *Mecánica de Materiales*. 4ta Edición. Editorial: Mc Graw-Hill.
- [10] Mayagoitia Barragán, J. (2004). *Tecnología e Ingeniería de Materiales*. Editorial: Mc Graw-Hill. Interamericana.

[11] Krar, S y Check, A. (2006). Tecnología de las máquinas-herramientas. 5ª Ed. Impresa. Editorial: Alfaomega.

Nuevas tecnologías en el diseño de envases: plásticos biodegradables y envases inteligentes. Una revisión de la literatura.

Meretta Javier*; Gómez Carlos; Bárbaro Laura

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás jmeretta@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN:

El presente artículo contiene una revisión de literatura como producto final de la fase de documentación de un proyecto de investigación exploratorio, que pretende indagar el grado de diseño y utilización de envases inteligentes y sustentables en la Argentina. El análisis se basa en dos aspectos claves del envase, en primer lugar, transformado en un medio de sofisticadas interacciones con el producto, que registra información importante para quienes son encargados de su operación, transporte y almacenamiento, y para el consumidor final. Estos nuevos envases denominados inteligentes, monitorean factores claves para la conservación del producto y su consumo. En segundo término, de acuerdo a los materiales constitutivos. La incorporación de nuevos materiales orgánicos biodegradables obtenidos a partir de fuentes renovables, como el ácido poliláctico (PLA) que se fabrica a partir de la polimerización de celulosa de maíz o papa; su degradación no produce residuos, por lo tanto al descomponerse no liberan productos químicos ni gases a la atmosfera reduciendo así la huella de carbono.

Palabras clave: Envases biodegradables, reciclado, bioplásticos.

ABSTRACT:

This paper contains a literature review as the final product of the documentation phase of an exploratory research project, which aims to investigate the degree of design and use of smart and sustainable packaging in Argentina. The analysis is based on two key aspects of the packaging, firstly, transformed into a means of sophisticated interactions with the product, which records important information for those who are in charge of its operation, transport and storage, and for the final consumer. These new so-called smart packaging monitor key factors for the product preservation and its consumption. Second, according to the constituent materials. The incorporation of new biodegradable organic materials obtained from renewable sources, such as polylactic acid (PLA) that is manufactured from the polymerization of corn or potato cellulose; its degradation does not produce waste, therefore when decomposing it does not release chemicals or gases into the atmosphere, thus reducing the carbon footprint.

Keywords: Biodegradable packaging, recycling, bioplastic.

1. Problemáticas relevantes del envase

Todo lo que consumimos viene en un envase cuyo rol principal es el de proteger al producto durante el proceso de transporte y almacenamiento temporal, en su recorrido desde su producción hasta su consumo. Otra función muy importante del envase es la comunicación, la percepción del consumidor acerca del producto está conformada en gran medida por lo que el envase transmite a través de su forma, color, etc.

Se puede diferenciar al envase del empaque, el envase es el contenedor que está en contacto directo con el producto mismo, cuya función es guardar, proteger, conservar, identificar al producto, facilitar su manejo y comercialización [1]; el embalaje es la cobertura que brinda protección y poder de manipulación a los productos envasados, adecuando las condiciones para su almacenamiento y transporte en óptimo estado según especifica el mismo documento.

En los últimos años, consumidores y empresas han enfocado sus miradas en envases y embalajes atentos a la presentación y preservación del producto, en el caso de alimentos, además de mantener las condiciones de frescura e higiene de los mismos desde la planta productora hasta el consumidor se busca alargar la vida del producto. En adición la incipiente conciencia ecológica de los consumidores ha puesto su atención en un tema no menor, la disposición final de los envases.

El presente trabajo pretende indagar sobre el diseño y utilización de envases sustentables en Argentina, analizando la literatura que trata el diseño y fabricación de envases, sus distintos materiales y la búsqueda de sustentabilidad; en particular el envase de sustancias alimenticias.

El aumento de la demanda de alimentos provoca un incremento directo en la producción de desechos, donde los plásticos abarcan un gran porcentaje. A su vez el problema tiene un agravante originado en fuertes cambios en los hábitos de consumo. La incorporación de la mujer en el mercado laboral, el menor tiempo dedicado al proceso de compra y elaboración de alimentos y la vertiginosa rutina diaria de las ciudades, ha dado impulso a la industria alimentaria para ofrecer alimentos de fácil elaboración y consumo [2]. Se genera así un aumento en el consumo de alimentos procesados (alterados por el agregado de sal, azúcar, aceite, preservantes y aditivos, que cambian la naturaleza del alimento original); y ultra procesados (formulados en su mayor parte a partir de ingredientes industriales, con poco o ningún alimento natural), con la consecuente utilización de envases descartables.

En el mismo sentido, Zapata et al. [3] afirman que la modificación en la estructura de la dieta atraviesa a todo el entramado social en diferente medida, y parecería indicar un cambio en la forma de comprar, preparar y consumir los alimentos, relacionado con una mayor practicidad y menos tiempo dedicado a la preparación. Destacando los autores en los adultos la necesidad de comer comidas fuera del hogar por razones laborales, sobre todo en los grandes centros urbanos, mientras que en los niños y adolescentes ocurre lo mismo por razones de sociabilidad o escolaridad.

En la figura 1 se puede apreciar la disminución en el consumo de frutas y hortalizas entre otros productos naturales, y el aumento de consumo de alimentos ultra procesados como panificación, gaseosas y jugos. En el caso de pizzas, empanadas y tartas listas para consumir en el hogar su consumo se ha cuadruplicado; analizados durante el período 1996 – 2013, [3].

Variación en la disponibilidad para el consumo de alimentos y bebidas en la población Argentina entre 1996-97 y 2012-13 (expresado en %)

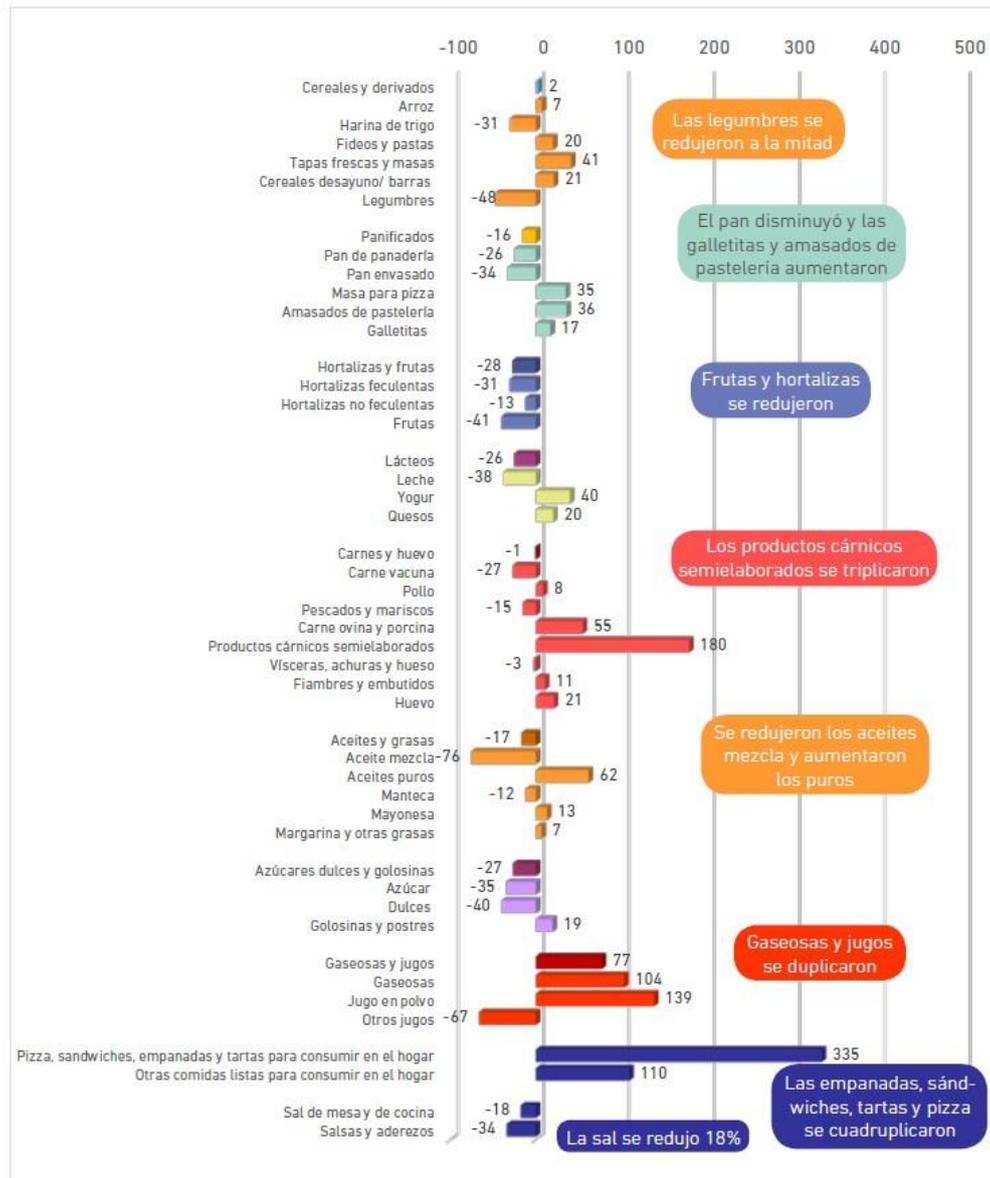


Figura 1 Fuente: LA MESA ARGENTINA EN LAS ÚLTIMAS DOS DÉCADAS Cambios en el patrón de consumo de alimentos y nutrientes (1996 - 2013) Zapata et al. (2016) [3].

Por otro lado, los avatares económicos y la conveniencia de los consumidores han dado origen a un fraccionamiento cada vez mayor de los productos, aumentando la venta de alimentos por porción, con el consecuente aumento de material plástico. La comodidad del usuario y la rapidez de consumo han dado lugar a situaciones un tanto extrañas como la venta de fruta pelada en bandejas plásticas, sustituyendo el envase natural por uno artificial y contaminante.

En contraparte, un sector de los consumidores asume un consumo responsable asociado a la salud y la sustentabilidad. Términos como: agroecología, orgánico, impacto ambiental, etc., se encuentran presentes en la demanda y denotan una preocupación por el cuidado de la salud, del ambiente y de los recursos naturales; valorando al alimento no solamente por su aporte nutricional, sino por su relación con el ambiente y la disminución de sus desperdicios [4]. De esta forma al precio, seguridad y gusto, se le suman decisores de compra como la transparencia en la cadena de valor, impacto ambiental y origen del producto. En este sentido la producción de alimentos saludables y sustentables se está convirtiendo paulatinamente en una parte esencial de la estrategia a lo largo de la cadena de valor, constituyendo un desafío para la industria que debe producir alimentos premium y orgánicos que minimicen la huella hídrica y de carbono en todo su ciclo de vida.

El envase cobra importancia en este proceso ocupando un rol fundamental en el cuidado y preservación del producto y en su disposición final. La importancia del envase queda de manifiesto a modo de ejemplo, en la producción y comercialización de frutas y hortalizas donde la logística

tiene el desafío de disminuir el costo energético y las mermas producidas en el transporte de alimentos frescos desde el productor al consumidor.

Cuando se analiza en particular a la industria alimentaria, el principal objetivo del envase es la preservación de los alimentos evitando pérdidas económicas a los productores y daños a la salud de los consumidores. Es necesario que el envase proteja a los alimentos de un deterioro producto de su manipulación y transporte, pero es más importante aún que lo proteja de ser atacado por microorganismos que afecten su inocuidad, manteniendo su salud, seguridad y cumpliendo con las expectativas de quienes los consumen. Esto es un concepto importante de la seguridad alimentaria dado que no solo las personas deben tener acceso social y económico a alimentos nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos, sino que estos deben ser seguros [5].

De esta forma, el envase cuida no solo al producto sino al esfuerzo económico y técnico invertido en el mismo, razón por la cual, las exigencias de calidad de los consumidores hacen que el desempeño del envase exceda a las típicas funciones de contener, proteger e informar, que satisfacen al consumidor [6].

En este contexto el diseño tiene la oportunidad de agregar valor a través de los envases y embalajes, ya no solo aplicado a las posibilidades de mejora del transporte y la estiba o su estética distintiva, sino de intervenir en la preservación del producto, las posibles interacciones con el consumidor y finalmente con la disposición final del envase.

En respuesta a estas tres situaciones planteadas han surgido importantes aportes de nuevas tecnologías de producción y conservación de alimentos y nuevos sistemas de envases. Estos nuevos envases abarcan un amplio espectro, sofisticados envases empleando nuevos materiales, envases reutilizables, reciclables, envases que interactúan con el producto y otros que interactúan con el producto y el consumidor.

2. Envases activos e inteligentes

2.1. Activos

El envase actual se está transformando en un medio de sofisticadas interacciones con su contenido, al mismo tiempo puede convertirse en un registro de información relevante tanto para el consumidor final como para todos los actores intermedios de la cadena de valor [6]. Surge aquí el concepto de envase activo cuando este desarrolla alguna función que trasciende la de proteger al producto frente a las condiciones externas.

En primer lugar podríamos explorar las posibles interacciones entre el producto y su envase. La interacción más sencilla entre un alimento y su envase se produce cuando este último deja de ser un mero contenedor e interactúa con el alimento, transformándose en un envase activo. En este caso el envase puede modificar su contenido a través de sus materiales constitutivos o la composición de su atmósfera interna, la permeabilidad a gases, vapores o aromas. Otra posibilidad es que libere cierta cantidad de agentes antimicrobianos, antioxidantes, etc., manteniendo o mejorando la calidad del producto. El envase puede también remover sustancias propias del alimento hacia sus materiales constitutivos por sorción, es decir mediante un proceso físico químico mediante el cual partículas del alimento se adhieren al envase.

Los casos más usuales con los que el consumidor se encuentra pueden ser: sales para absorber vapor de agua, almohadillas con gel para absorber líquidos presentes en las bandejas de carne envasada; absorbentes de oxígeno, absorbentes de etileno para frutas, etc.

La acción opuesta a la anterior es la de liberar sustancias químicas dentro del envase como antioxidantes, aromatizantes, colorantes, agentes antimicrobianos, etc. La acción antimicrobiana está presente en aquellos envases que contengan enzimas, fungicidas, dióxido de azufre para control de moho en frutas, compuestos minerales, quelantes, etc.

2.1. a) Absorvedores de oxígeno

La oxidación de lípidos en el pescado suele ser la principal limitante de su conservación. Esta oxidación de grasas polisaturadas produce enranciamiento y favorece el desarrollo de microorganismos que propician la aparición de mohos y levaduras; proceso que no solo se limita al pescado, carnes, pan, pastas, quesos, frutos secos, embutidos, etc., son también propensos a este deterioro, donde el oxígeno residual es el causante de una notable pérdida de frescura, sabor, color y aroma en los alimentos.

Los sistemas de envasado más utilizados para estos productos suelen ser el vacío y la atmósfera modificada, aunque esto no garantiza la ausencia de oxígeno residual producto de un cambio de

presiones, laminados de poca calidad o alta permeabilidad de los mismos. Otra posibilidad la presentan aquellos alimentos como cremas o natas que llevan aire emulsionado que se irá desprendiendo con el paso del tiempo.

La introducción de absorbedores de oxígeno en el interior de los envases evita o disminuye considerablemente este proceso de deterioro con un bajo costo en comparación con otros sistemas como el envasado al vacío (poco efectivo para productos blandos y desluce el aspecto del producto), y la atmósfera modificada a través de la incorporación de un gas inerte en el envase.

2.1. b) Absorvedores de humedad

Independientemente del método de industrialización utilizado los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. Un exceso de humedad puede afectar la textura de los alimentos y propiciar el desarrollo de microorganismos. Se utiliza en estos casos un material desecante para extraer la humedad del aire. En caso de que el producto contenga líquidos derramables se suelen utilizar almohadillas de geles absorbentes como en el caso de las carnes envasadas.

2.2 Envases inteligentes

Pueden considerarse envases inteligentes aquellos que utilizan propiedades del alimento o de algún material del envase como indicador del historial y calidad del producto [6]. De esta forma el envase brinda información del producto envasado al fabricante, consumidor o integrantes de la cadena logística. Esta información puede transmitir datos de tiempo, temperatura, gases, humedad, microbiología, etc.

A modo de ejemplo se pueden mencionar a los indicadores de humedad, estos pueden ser etiquetas que presentan un cambio de color ante la presencia de un determinado valor de humedad. Si el dispositivo cambia de color ante un valor de humedad y cuando este disminuye vuelve a su color original se denominan indicadores reversibles. En los casos en que al superar un valor de referencia máximo el indicador adquiere un cambio de tonalidad permanente se denominan indicadores de humedad máxima, pudiendo indicar un deterioro o la posibilidad de pérdida de propiedades organolépticas [7].

Los indicadores de tiempo y temperatura son pequeños dispositivos que pueden indicar el efecto acumulativo del tiempo y la temperatura y aquellos que indican si el producto a estado superado un valor determinado, ya sea por defecto o por exceso.

3. Nuevas tecnologías en envases plásticos: reutilizables, reciclables, degradables, compostables.

La evolución de la industria del envase ha permitido incorporar nuevos materiales y nuevas tecnologías en los envases de productos alimenticios. La utilización de recipientes plásticos, films, bandejas, cartón, polímeros, etc., como elementos constitutivos del envase, y la utilización de envases activos e inteligentes, han permitido llegar al consumidor con productos que mantienen sus características organolépticas, su frescura, aromas y colores desde el lugar de producción.

El plástico, barato, resistente, de larga vida y con infinidad de aplicaciones ha cobrado relevancia en los últimos años. Estos aspectos positivos para la industria del envase presentan un lado negativo: el impacto ambiental que ocasiona. El desafío de la industria es disminuir los problemas medioambientales que el plástico origina.

En primera instancia surgen conceptos aplicados a los envases como reutilizable, reciclable y biodegradable que merecen ser analizados.

Los envases reutilizables son aquellos que han sido concebidos, diseñados y comercializados para ser rellenados o reutilizados con el mismo fin para el que fueron concebidos, esto permite que realicen múltiples circuitos a lo largo de su ciclo de vida.

Un envase reciclable permite que el mismo sea separado de los residuos mediante algún programa de reciclado, dando lugar a otro posible uso para el mismo o a través de algún proceso simple convertirse en otro producto.

Una comparación de los envases de simple uso y los envases reutilizables en cuanto a la emisión de los gases de carbono, estima que aquellos que pueden ser reutilizados contribuyen aproximadamente un 85% menos al calentamiento global, un 75% menos que el plástico y un 57% menos que el aluminio, analizando el caso particular de las botellas de vidrio [8], ver figura 2.

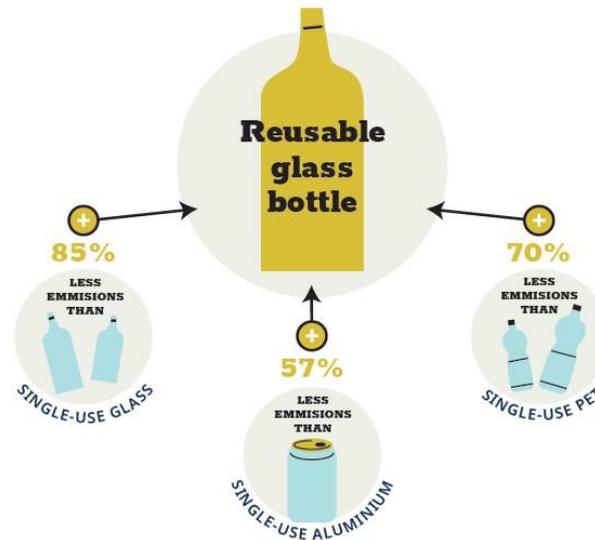


Figura 2: Comparación de emisiones de envases. Fuente: Megale Coelho et al. 2020 [8]

En Argentina algunas empresas con una visión sustentable a largo plazo buscan un cambio cultural, retomando lo que años atrás era una costumbre: la utilización de envases retornables para las bebidas [9]. Tal es el caso de Coca Cola, desde donde sostienen que cada botella retornable representa al menos 11 botellas menos que ingresan al mercado. Las opciones presentadas por la empresa son envases de vidrio y PET.

Resulta interesante el análisis realizado por la organización en cuanto a la preferencia de los consumidores por tipo de envase y por regiones, detallando que en el AMBA los consumidores prefieren menos los envases retornables, solamente utilizados en bares y restaurantes, aumentando su uso en el interior. Esto se asocia a que cuando se realizan las compras en supermercados es menos común que los clientes lleven sus envases vacíos, mientras que al realizar las compras en almacenes y tiendas más pequeños esto resulta más usual.

De acuerdo a lo expresado por la empresa Coca Cola cada botella retornable representa al menos 11 botellas menos en el mercado, particularmente en envases mayores a un litro, predominan los retornables PET por ser más livianos y cómodos para el consumidor [9]. En el mismo informe, con visión de sustentabilidad y un modelo de negocio basado en la economía circular, Maltería Quilmes destaca el éxito del envase retornable, el vidrio es un material natural y 100% reciclable. Cada botella de vidrio retornable es utilizada por esta empresa 29 veces para ser reciclada en una nueva, de esta forma para 1.000 litros de cerveza se necesitan solo 34 botellas.

Como se ha expresado el vidrio es 100% reciclable, infinitas veces, donde de un envase reciclado surge otro igual de reciclable. Pero, en este proceso el rol del consumidor es clave. Es necesario un compromiso por parte de los ciudadanos de separar el envase de vidrio de su tapa, corcho y demás accesorios que no son de vidrio, y depositarlos en contenedores o disponerlos para su recolección. El proceso de reciclado depende de esta práctica y de la eficacia del sistema de recolección, en muchas ciudades se pretende separar los residuos domiciliarios pero está iniciativa se ve truncada en el proceso de recolección y disposición final, o en la falta de colaboración ciudadana.

De acuerdo a un informe publicado por el diario *Ámbito Financiero* el 3 de diciembre de 2019, correspondiente a la organización sin fines de lucro *Ecoplas*, nueve de cada diez argentinos consideran que reciclar debe ser obligatorio. Un 20% de los encuestados afirmó no reciclar por desconocimiento, consistente con esto apenas un 3% conoce las actividades de separación y reciclado. Esta falta de educación y sensibilización con respecto al reciclado, se debe a la ausencia de políticas públicas, que el 91% de los entrevistados atribuye al gobierno y el 66% a las marcas.



Figura 3: Causas de bajo reciclado en Argentina. Fuente: Ecoplas 2020 [10].

En la figura 3 se puede ver las causas por las cuales la ciudadanía no recicla, a pesar de ello hay una voluntad y deseo de conocer acerca del proceso, que aportan cierto optimismo. Los argentinos aceptan utilizar envases plásticos reciclados para distintos productos a excepción de comida. Una muestra de cómo el reciclado ha crecido en los últimos años se revela en el informe de Ecoplas del 2020 [10], ver figura 4.



Figura 4: Evolución del reciclado en Argentina Fuente: Ecoplas, 2020 [10].

Se han tratado hasta ahora las ventajas y desventajas de la reutilización y el reciclado de envases plásticos, surge aquí el interés por la disposición final de los mismos donde cobran importancia los envases biodegradables y compostables.

Los bioplásticos presentan un futuro promisorio en la industria del envase, dada su posibilidad de compostarse y degradarse gracias a su origen vegetal. Obtenidos a partir de polímeros naturales que se extraen de residuos agrícolas como la caña de azúcar, celulosa, maíz o papa; presentan igual resistencia y versatilidad que los plásticos derivados de petróleo.

¿Qué es un plástico biodegradable? De acuerdo con la norma IRAM-ISO 14021, compostable: “es la característica de un producto, embalaje o componente asociado que le permite biodegradarse, generando una sustancia relativamente homogénea y estable, parecida al humus.” Este término, íntimamente ligado con la gestión de residuos, puede dar lugar a confusiones, para evitar las mismas la norma IRAM-ISO 29421, “Materiales y productos plásticos biodegradables y compostables”, explicita los requisitos y procedimientos para determinar la compostabilidad de los materiales o productos plásticos señalando tres características: 1) biodegradabilidad, en un plazo máximo de 6 meses; 2) desintegración durante el tratamiento biológico, en un plazo máximo de 12 semanas; 3) calidad del compost obtenido.

La publicación N° 54 del organismo Ecoplas [10], una entidad especializada en plásticos y medio ambiente de Argentina, aclara algunos conceptos y terminología en el campo de los plásticos

biodegradables. En primer lugar, especifica que los plásticos biodegradables son materiales (polímeros) capaces de desarrollar una descomposición aeróbica o anaeróbica por acción de microorganismos tales como bacterias, hongos y algas bajo condiciones que naturalmente ocurren en el medio ambiente denominado biosfera. Este material presenta las ventajas de poder ser extrudado, inyectado, soplado, termoformado, impreso y sellado por calor para producir gran diversidad de productos y envases flexibles y rígidos.

Es necesario aclarar que los términos biodegradables y compostables no se pueden utilizar indistintamente; mientras que biodegradable describe un proceso el segundo describe cuando y donde ese proceso tendrá lugar que es en una planta de compost. Esto es importante ya que la biodegradación puede ocurrir en diferentes ambientes (suelo, mar, etc.), mientras que el compostaje ocurre solo en plantas para tal fin y en un determinado tiempo como especifica la norma citada anteriormente.

Existen diferenciaciones de plásticos biodegradables de acuerdo a su origen, pudiendo ser de origen petroquímico como la Policaprolactona (PCL) que es biodegradable en ambientes de compost, y plásticos biobasados fabricados a partir de materia orgánica como la caña de azúcar, maíz y residuos agrícolas, entre otros. No todos los plásticos biobasados son biodegradables, por caso el polietileno derivado de la caña de azúcar tiene las mismas características del derivado de petróleo.

Por otro lado, la publicación de Ecoplas [10], resalta como elemento desfavorable que en Argentina, no hay producción nacional de plásticos biodegradables a escala industrial, por lo tanto se debe recurrir a su importación lo que los encarece. No son de uso masivo y sus aplicaciones están limitadas a usos de muy alto valor como productos medicinales (suturas, material para usos quirúrgicos, etc.) y productos con marketing ecológico como valor agregado. Se destaca con visión optimista, que la Comisión Asesora de Biomateriales (COBIOMAT) de la Secretaria de Agroindustria de la Nación, que promueve el desarrollo de bioproductos, entre ellos los plásticos biodegradables, estimó para el desarrollo de los mismos un plazo cercano al 2030.

Entre los aspectos negativos se destaca la creencia errónea que un producto fabricado con biopolímeros no produce impacto ambiental porque simplemente se biodegradan. Los residuos por fuera del circuito de recolección y aquellos que quedan abandonados en espacios públicos requerirán de condiciones adecuadas y un tiempo considerable para su degradación. Aquellos que requieran condiciones de compostaje necesitarán una cierta humedad, temperatura y cultivos de microorganismos adecuados para biodegradarse. Un bioplástico biodegradable tardará más años en degradarse en condiciones ambientales que no sean acordes a aquellas para las que fue diseñado, se debe tener en cuenta que aún así, dista mucho de los 400 a 1000 años que pueden requerirse para que los plásticos convencionales se degraden en el medioambiente [11].

Es necesario que el reciclado y compostado del material plástico forme parte de la agenda de políticas públicas con campañas de sensibilización y educación para que el ciudadano realice un cambio de hábitos. Un profundo cambio cultural para la disposición final de residuos que contemple un sistema de gestión de los residuos sólidos urbanos, su clasificación y recolección. Se deben construir plantas de compostaje para el tratamiento de los plásticos biodegradables, en primer lugar la sola sustitución de un plástico convencional por uno biodegradable no es solución al problema; por otro lado si los plásticos biodegradables se disponen en un relleno sanitario, se biodegradarán en forma anaeróbica generando metano, mucho más perjudicial como gas de efecto invernadero.

4. Algunos ejemplos locales

El polímero obtenido a partir de la caña de azúcar puede ser rápidamente descompuesto por microorganismos en los rellenos sanitarios, cuando es expuesto a ambientes con bacterias activas o incluso cuando es descartado en basurales. En cámaras sépticas, la pérdida de masa llega a un 90% en seis meses, mientras que en rellenos sanitarios la degradación llega al 50% en 280 días, transformándose en gas carbónico y agua, sin liberación de residuos tóxicos [12]. El autor destaca que este polímero puede utilizarse como materia prima en una amplia gama de aplicaciones, destacándose aquellos sectores que requieren pureza y biodegradabilidad, ampliando el campo de los envases a juguetes, material escolar y la industria farmacéutica.

En el mismo sentido, la empresa Natura, reveló que el 20% de sus envases tienen más del 50% de plástico biodegradable o más del 50% de plástico reciclado post consumo [9].

Otro caso en Argentina es el de alumnos de la Escuela de Educación Técnica N° 3.159 “Dr. Darío Felipe Arias” quienes fabrican un material plástico o polímero biodegradable utilizando como materia prima el mucílago de la tuna. El proyecto, denominado Plastituna, fue destacado en la Feria Nacional de Innovación Educativa 2017, realizado en Tecnópolis

Resulta muy interesante un estudio sobre el efecto antimicrobiano de extractos de frutas regionales, frente a microorganismos deteriorativos y patógenos de alimentos, que previo a la incorporación de los mismos a un film de almidón, permitirá la obtención de un envase comestible, activo y biodegradable permitiendo la conservación natural de alimentos [13].

5. Conclusiones

Los cambios producidos en los últimos años en el consumo y en la alimentación de la población nos hacen imaginar un futuro distópico. Los cambios necesarios para revertir esta situación requieren grandes esfuerzos económicos y educativos, por parte de los gobiernos, de las empresas y de los consumidores.

En Argentina la utilización de envases activos presenta un alto grado de difusión en lo que respecta al agregado de elementos que interactúan con el producto, y una alentadora investigación en el desarrollo de láminas comestibles y recubrimientos. Los denominados envases inteligentes tienen poca difusión aún, reservándose para casos puntuales.

El reciclado ha ido en aumento en los últimos años y si bien puede aumentar considerablemente a través de políticas públicas y educación es muy prometedor el interés de la ciudadanía en el cuidado del medio ambiente y las tendencias en investigación de nuevos materiales biodegradables.

Por otro lado, quienes centran su mirada en el factor económico deben comprender que el costo asociado a la pérdida de salud y manejo de los volúmenes crecientes de residuos es cada vez mayor, razón por la cual los esfuerzos monetarios destinados a educar al consumidor, investigar y desarrollar nuevas tecnologías en envases e implementarlos en el sector industrial deben ser una prioridad.

La educación juega un rol fundamental, el reciclado y el compostaje deben implementarse responsablemente, la naturaleza compleja del medio ambiente debe ser comprendida por toda la ciudadanía.

La economía juega un rol vital en el cuidado del medio ambiente, la ambición desmedida de las organizaciones no deben conducirlos a ser rentables a costa del medio ambiente. Por otro lado quien tiene necesidades básicas insatisfechas mal puede preocuparse por el planeta y el futuro de las próximas generaciones.

Bibliografía:

- [1] Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2012). “Envases y embalajes”
- [2] Archain R., Lorenzo, S., Massabie, M., Nikitczuk, M. (2017) “CONSUMO DE ALIMENTOS PROCESADOS Y ULTRAPROCESADOS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS, Propuesta de un nuevo rotulado de alimentos como medida de prevención de ECNT. Escuela de nutrición, Facultad de Medicina UBA.
- [3] Zapata, M., Roviroso, A., Carmuega, E. (2016) “Cambios en el patrón de consumo de alimentos y bebidas en Argentina, 1996-2013”. SALUD COLECTIVA. 2016;12(4):473-486. doi: 10.18294/sc.2016.936
- [4] INTA Informa. 13 de junio de 2018. “Alimentos: el consumo responsable cambia paradigmas”.
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2020) <http://www.fao.org/publications/sofi/2020/es/>
- [6] Rodríguez-Sauceda R; E. Rojo-Martínez G; Martínez-Ruiz R; Piña-Ruiz H; Ramírez-Valverde B; Vaquera-Huerta H y Cong-Hermida M. 2014. “Envases inteligentes para la conservación de alimentos” Ra Ximhai Vol 10 N° 6. ISSN: 1665-0441
- [7] Nicolao García J I, Zárate C. 2018. “Una revisión de los envases para la industria alimentaria” Revista de investigación Fundación Universidad de América Vol 11 N° 2 95-108.
- [8] Megale Coelho, P., Corona, B., Worrell, E. (2020) “Reusable vs single use packaging, a review or environmental impacts” https://www.breakfreefromplastic.org/bffp_reports/reusable-vs-single-use-packaging-a-review-of-environmental-impact/
- [9] Listek V. 2019. “Argentina: los envases son parte de la problemática ambiental”
- [10] ECOPLAS. 2020 ¿Qué son los Plásticos Biodegradables, Biobasados, Degradables, Oxodegradables, Compostables? Publicación 54. Junio 2020.
- [11] Fundación Nuevas Generaciones. 2015 “Fomento a la producción de bioplásticos biobasados biodegradables”

[12] Vasconcelos Y. 2002. “Un plástico hecho a base de azúcar” Revista Pesquisa N° 80

[13] Kupervaser G. “Aprovechamiento de materias primas regionales para el desarrollo de envases comestibles activos y biodegradables” Actas de jornadas y eventos académicos de UTN. ISBN 978-950-42-0200-4

Solución de Problemas Mediante TRIZ

Requena, Carlos ^{a,b}; Nishiyama, Juan Carlos ^a

^aUniversidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional General Pacheco

^bUniversidad Católica Argentina - Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias.

crequena@docentes.frgp.utn.edu.ar

RESUMEN

Una empresa PyMES que fabrica, entre otros productos, detergente domiciliario, utiliza carboxi metil celulosa (CMC) como parte de su formulación. El problema surge cuando se intenta disolver CMC como parte del proceso de producción. Esta operación acarrea incomodidad, exceso de tiempo, mano de obra adicional, etc. Además, se entorpece el procedimiento de operaciones al producir un “cuello de botella” debido a que el sistema de fabricación se hace muy lento. El proceso de disolución en caliente conlleva gastos en equipamiento, gasto de combustible, y el riesgo potencial de trabajar con líquidos calientes. Todo esto conduce, además, a una elevación de los costos económicos. Si se pretende elevar la velocidad de la operación hay que consumir más horas hombre e invertir en equipamiento. Se busca imperiosamente mejorar esta operación de disolución de la CMC en agua. La búsqueda de soluciones conceptuales, en este caso, se realizó haciendo uso de la metodología TRIZ.

Palabras clave: TRIZ, contradicción técnica, contradicción física.

ABSTRACT

A SME (small to medium-sized company) that manufactures, among other products, household detergent, uses carboxy methyl cellulose (CMC) as a component of its formulation. A problem arises when trying to dissolve CMC in water as part of the production process. This is a cumbersome operation which requires an excessive amount of time, additional labor, etc. In addition, the whole manufacturing process is hindered by the bottleneck which arises due to the excessive time required by the CMC dissolution process. The hot dissolution process involves increased expenditure in equipment, fuel, and the potential risk of working with hot liquids. All this also leads to an increase in economic costs. An attempt to increase the speed of the process would result in an increase in man-hours and an investment in additional equipment. There is a great need to improve the process of dissolving the CMC in water. The search for conceptual solutions, in this case, was carried out using the TRIZ methodology.

Keywords: TRIZ, technical contradiction, physical contradiction.

1. INTRODUCCIÓN

La Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva, conocida por su acrónimo ruso TRIZ [1], ayuda a potenciar la creatividad y la innovación del analista de problemas. Sin embargo, esta metodología, creada y desarrollada por el ingeniero ruso Geinrich Altshuller desde fines de la década de los '40 del siglo pasado en la ex URSS, no fue sino hasta hace poco más de dos décadas que llega a occidente como consecuencia de la perestroika y el fenómeno de la globalización.

La innovación tiene un gran peso en la competencia por los mercados de los principales países desarrollados, considerados social, económica y tecnológicamente poderosos. Paralelamente, TRIZ se está desplegando rápidamente en esos países, tales como China, Japón, Corea del Sur, países de Europa, Estados Unidos, y en Latinoamérica ya se comenzó a desplegar en México, Brasil, Colombia, Perú y Chile. Esto tanto en las empresas como en las universidades para su investigación y enseñanza [2]. En Argentina, prácticamente no es aplicado y apenas se enseña escuetamente en algunas aulas de ingeniería.

TRIZ se sustenta en el conocimiento humano basado en patentes, tomando como referencia de ellas parámetros de ingeniería comunes a problemas de muy variada diversidad y naturaleza, detectando y planteando con ellas contradicciones y luego superándolas sistemáticamente en busca de solución innovadora. Esto evita el azar o la casualidad para encontrar soluciones a un problema particular, y también evita la solución de compromiso pues supera la contradicción entre parámetros involucrados en la causa raíz del problema. El analista, durante el proceso de aplicación de esta metodología, desemboca en un espacio de soluciones, en el cual, puede tomar el concepto de solución más adecuado a su problemática. TRIZ permite alcanzar una sistematización de la innovación, que, en manos de expertos alcanzan el concepto, ya no de mejora continua, sino el de una innovación continua. Además, TRIZ es fuente generadora de otras metodologías estructuradas de resolución de problemas [3]. En el presente trabajo se abordará mediante la aplicación de la metodología TRIZ para exponer sus bondades.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Problemas Inventivos

La “inercia psicológica”, (ver Figura 1) se refiere a que muchas veces las soluciones a un problema están basadas solamente en la propia experiencia, no considerando la búsqueda de tecnologías alternativas, lo cual conduciría hacia nuevos conceptos de solución.

Un problema de aparente solución mecánica puede ser resuelto a través de medios eléctricos y magnéticos. Por ejemplo, un ingeniero mecánico puede diseñar un sistema de amortiguación reemplazando un resorte o muelle por medio de dos imanes con sus polos iguales enfrentados (el rechazo de polos iguales produce fuerzas de rechazo entre ambos imanes provocando la amortiguación), logrando así una solución a su problema fuera del campo de su experiencia.

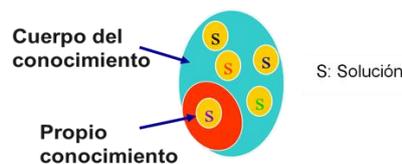


Figura 1 El problema de la inercia psicológica.

2.2. Breve historia de cómo se creó el TRIZ

Altshuller, ingeniero ruso que creó TRIZ a finales de los 40 del siglo XX, “tamizó” 1.500.000 patentes, quedándose con 200.000 de ellas tratando de buscar sólo los problemas inventivos y la forma en que fueron resueltos. De éstas, sólo 40.000 patentes fueron consideradas como inventivas. El resto, son sólo mejoras rutinarias. A finales de los 90, TRIZ se expande por el mundo. Primeramente, pasa por Israel, luego, EE. UU., Europa, lejano oriente, Latinoamérica (México, Brasil y Chile).

2.3. Algunas Herramientas Clásicas de TRIZ

Del estudio realizado por Altshuller y su equipo, surgió que los parámetros de ingeniería utilizados en las patentes eran tan sólo 39. Estos se conocen como los “39 Parámetros de Ingeniería”. Se muestra una lista en la Tabla 1.

También, extrajo de todas esas patentes solamente 40 principios de invención. Esta lista se conoce como los “40 Principios de Inventiva”, que son la deducción más directa del análisis de las patentes realizado por el creador de TRIZ. Se da una lista de los 40 principios en la Tabla 2.

Tabla 1 Los 39 parámetros de ingeniería.

1. Peso de un objeto móvil	10. Fuerza	20. Energía consumida por un objeto inmóvil	30. Factores nocivos que actúan en un objeto
2. Peso de un objeto inmóvil	11. Tensión, presión,	21. Potencia	31. Efectos nocivos
3. Longitud de un objeto móvil	12. Forma	22. Desperdicio de energía	32. Manufacturabilidad
4. Longitud de un objeto inmóvil	13. Estabilidad de un objeto	23. Desperdicio de sustancia	33. Conveniencia de uso
5. Área de un objeto móvil	14. Fuerza	24. Pérdida de información	34. Reparabilidad
6. Área de objeto inmóvil	15. Durabilidad de un objeto móvil	25. Perdida de tiempo	35. Adaptabilidad
7. Volumen de objeto móvil	16. Durabilidad de un objeto inmóvil	26. Cantidad de sustancia	36. Complejidad de un dispositivo
8. Volumen de objeto inmóvil	17. Temperatura	27. Fiabilidad	37. Complejidad de control
9. Velocidad	18. Brillo	28. Precisión de medida	38. Nivel de automatización
	19. Energía consumida por un objeto móvil	29. Precisión de manufactura	39. Productividad

Para las dos últimas tablas el interesado puede consultar en [4], en donde se encuentran más completas y con las descripciones de los parámetros y de los principios inventivos.

Esta breve introducción con las dos tablas nos permite, ahora sí, presentar una de las herramientas clásicas de TRIZ, la Matriz de Resolución de Contradicciones Técnicas. Esto nos ayudará en la resolución de un problema técnico como ejemplo. Pero, primero veremos que son las Contradicciones Técnicas.

Tabla 2 Los “40 Principios de Inventiva”

1. Segregación	13. Inversión.	23. Retroalimentación	31. Uso de material poroso
2. Extracción	14. Esferoidalidad	24. Mediador	32. Cambio de color
3. Calidad local	15. Dinamicidad	25. Autoservicio	33. Homogeneidad
4. Asimetría	16. Acción parcial o sobrepasada	26. Copiado	34. Restauración y regeneración de partes
5. Combinación	17. Moviéndose a una nueva dimensión	27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable	35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto
6. Universalidad	18. Vibración mecánica	28. Reemplazo de sistemas mecánicos	36. Transición de fase
7. Anidación	19. Acción periódica	29. Uso de una construcción neumática o hidráulica	37. Expansión térmica
8. Contrapeso	20. Continuidad de una acción útil	30. Película flexible o membranas delgadas	38. Uso de oxidantes fuertes
9. Reacción previa	21. Despachar rápidamente		39. Medio ambiente inerte
10. Acción previa	22. Convertir algo malo en un beneficio		40. Materiales compuestos
11. Amortiguamiento anticipado			
12. Equipotencialidad			

2.4. Contradicciones Técnicas

Una contradicción técnica es una situación que se presenta cuando al variar una característica (parámetro de ingeniería) de un sistema tecnológico para mejorarlo y al hacerlo, invariablemente se nos empeora otra. Definir una contradicción técnica de un problema es modelizar el problema. Por ejemplo:

Si mejoramos los costos reduciendo el contenido de tensioactivo de un detergente por dilución, esta acción, va en detrimento de su viscosidad, la situación empeora.

Si bajamos el costo de una pieza metálica estampada, lo hacemos reduciendo el espesor de la chapa, pero, como resultado, se resiente su resistencia mecánica, situación que empeora.

La hipérbola indicada en la Figura 2 [5], es la estrategia de la resolución de problemas por compromiso (trade-off), ni muy bueno ni muy malo para cada parámetro. TRIZ, en cambio, apunta a lo bueno-bueno en ambos parámetros en conflicto. TRIZ, haciendo uso de sus herramientas “destruye” la contradicción. La Matriz de Contradicciones, es un modelo de solución.

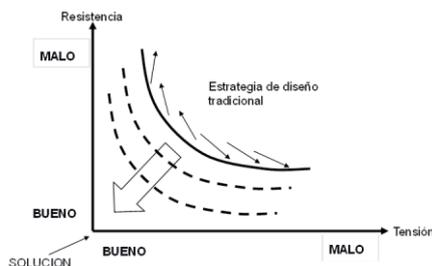


Figura 2 TRIZ no busca la solución por compromiso.

2.5. Matriz de Contradicciones Técnicas (39x39)

Es un cuadro de doble entrada, ver Figura 3, cuya primera columna de la izquierda están listados en valor ascendente hacia abajo los 39 parámetros, de los cuales se elige uno para mejorar el sistema tecnológico en cuestión, y en la primera fila superior están listados ordenadamente de modo ascendente de hacia la derecha los 39 parámetros de los cuales algunos empeoran el sistema tecnológico al elegir el parámetro que mejora de la columna vertical. En el cruce de cada fila y columna se dan referencias a los tipos de soluciones que se pueden aplicar para mejorar un parámetro sin que empeore el otro. Las soluciones ofrecidas, justamente, son los 40 principios de inventiva que identificó Altshuller.

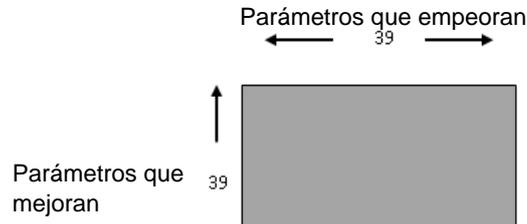


Figura 3 Vista general de la Matriz de Contradicciones.

En la Figura 4 muestra solo una vista parcial de la Matriz de Contradicciones. El orden de los números se debe a que en ese mismo orden es que aparecen más patentes con el principio inventivo con que fue resuelto un problema con igual contradicción.

1 a 39 Parámetros que MEJORA

	9 Velocidad	10 Fuerza	11 Tensión/Presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición
1 Peso del objeto móvil	2,8,15,38	8,10,18,37	10,36,37,40	10,14,35,40	1,35,19,39
2 Peso del objeto estacionario		8,10,19,35	13,29,10,18	13,10,29,14	26,39,1,40
3 Longitud del objeto móvil	13,4,8	17,10,4	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,34
4 Longitud del objeto estacionario		28,10	1,14,35	7,13,14,15	35,37,39
5 Área del objeto móvil	29,30,4,34	19,30,35,2	10,15,36,28	5,34,29,4	11,2,13,39
6 Área del objeto estacionario		1,18,35,36	10,15,36,37		2,38
7 Volumen del objeto móvil	29,4,38,34	15,35,36,37	6,35,36,37	1,4,15,29	28,10,1,39
8 Volumen del objeto estacionario		2,18,37	24,35	7,2,35	34,28,35,40,
9 Velocidad		13,28,15,19	6,18,38,40	35,15,18,34	28,33,1,18

Figura 4 Matriz de Contradicciones Técnicas.

Evidentemente, los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. Las casillas de la matriz que quedan vacías corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas. En este caso se utilizan otras herramientas TRIZ, como, por ejemplo: el Análisis Sustancia-Campo, el Método de los Pequeños Hombres Inteligentes (SLP, Smart Little People), los 76 Estándares, Efectos físicos, químicos y geométricos, el ARIZ, etc., que no serán descriptas en este trabajo y que el lector interesado puede consultar en [1]. Estas herramientas pueden ser integradas junto a otras más conocidas y difundidas y de eficacia probada tales como el AMFE, QFD, Diseño Axiomático, APQP, etc.

3. BASES DE LA METODOLOGÍA TRIZ

La esencia de TRIZ es el “principio de abstracción”, que se representa de forma muy esquemática y con un ejemplo matemático sencillo en la Figura 5.

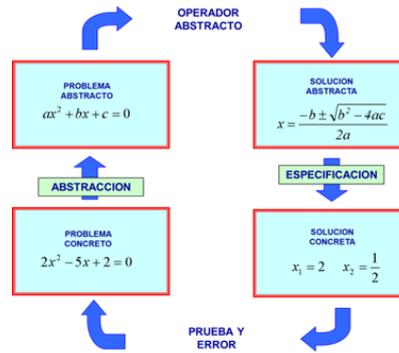


Figura 5 paralelismo con las matemáticas sobre cómo opera TRIZ en la abstracción de un problema para resolverlo.

Con el principio de abstracción, dado un problema concreto para el que se requiere una solución concreta, en lugar de buscarla por prueba y error, como sucedería en un análisis técnico convencional o en la aplicación de una técnica de creatividad basada en la psicología, se puede obtener la solución mediante un procedimiento directo de abstracción y especificación.

El proceso comienza por “abstraer” el problema concreto, hacia una determinada categoría de problemas abstractos. La abstracción se puede realizar varias veces elevando su nivel. Una vez obtenido el problema abstracto, se puede encontrar un “operador” que facilite una solución abstracta al problema. Esta última, se puede “especificar” tantas veces como indique el nivel de abstracción, para llegar a la solución concreta.

Los operadores son de un número finito y pueden tenerse tabulados para diferentes categorías de problemas abstractos, por lo que la solución se obtiene por métodos directos o procedimientos algorítmicos, sin necesidad de prueba y error.

La base del método TRIZ es la posibilidad de aplicar ese procedimiento que se ha utilizado para resolución de problemas matemáticos a cualquier sistema, entendiendo por sistema a “Un conjunto de componentes y sus interacciones, previstos para realizar determinadas funciones en un entorno, también determinado”.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ

4.1. Información

Solo se menciona lo esencial de toda la información acumulada para la búsqueda de solución. Muy poca información relevante del problema es necesaria para TRIZ. El resto, solo produce confusión y no orienta hacia el núcleo del problema. No se recomienda exceso de información, aunque sea útil en determinadas circunstancias, puede ser irrelevante al problema.

La carboximetilcelulosa sódica (CMC) es una sal soluble en agua. Es producida en grandes cantidades, en grados comerciales crudos sin ningún refinamiento para emplearlo en detergentes, fluidos de perforación y en la industria papelería. En grados de pureza más altos se emplea como aditivo alimenticio. Ver la estructura molecular de la CMC en la Figura 6.

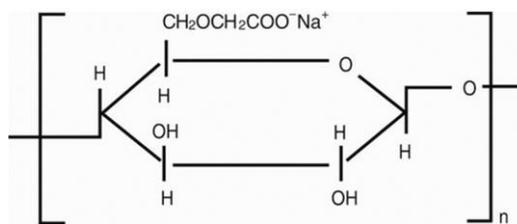


Figura 6 Estructura molecular de la CMC.

Su carácter hidrofílico, buenas propiedades para formar películas, alta viscosidad, comportamiento adhesivo, entre algunas otras características, la CMC tiene una amplia variedad de aplicaciones como el caso de los detergentes, adhesivos, construcción, alimentaria, etc.

Descripción Física: Polvo o gránulos blancos a débilmente amarillentos o grisáceos, inodoros e insípidos.

Función: Recubrimiento, disgregante en tabletas o cápsulas, aglutinante en tabletas, agente estabilizante, viscosante.

Método de obtención: Es obtenida a partir de celulosa obtenida de pulpa de madera o fibras de algodón. Estas se mezclan hasta el punto de saturación con una solución de NaOH. La celulosa

alcalina obtenida se hace reaccionar con monocloroacetato de sodio para producir la carboximetilcelulosa de sodio.

Características fisicoquímicas: Peso molecular: 90000 – 700000 gr. /mol.

Punto de fusión: 227- 252 °C.

Densidad: 0.75 g/ml

Constante de disociación: (pK_a) 4.3

Contenido de Humedad: Usualmente contiene menos del 10% de agua, sin embargo, es higróscopico, y absorbe a 37°C hasta un 80% de agua.

Solubilidad: Prácticamente insoluble en éter, etanol, acetona y tolueno. Forma soluciones coloidales en agua a cualquier temperatura, variando su solubilidad con el grado de sustituciones de la molécula.

Viscosidad: A mayores concentraciones de carboximetilcelulosa sódica, se obtienen crecientes viscosidades en solución acuosa. Por ejemplo, con una concentración de 2% p/v, se consigue una solución de 400-800 mPa s, y cuando es 4% p/v, una de 1500-3000 m Pa s

4.2. Problema

El problema es que el operario, se dedica a revolver el baño con gran esfuerzo físico y gran inversión de tiempo. A pesar de esto no se consigue disolver la CMC satisfactoriamente, por lo cual queda el baño lleno de grumos, lo cual degrada la calidad del producto final. Se necesita encontrar una solución fácil y económica para este problema. Ver la Figura 7.



Figura 7 El operario, se dedica a revolver el baño con gran esfuerzo físico y gran inversión de tiempo. A pesar de esto no se consigue disolver la CMC satisfactoriamente, por lo cual queda el baño lleno de grumos, lo cual degrada la calidad del producto final. Se necesita encontrar una solución fácil y económica para este problema.

4.3. Búsqueda de soluciones

Procediendo a solucionar el problema de modo tradicional, con mucha información acumulada, a veces inmanejable, se alcanzan soluciones como las siguientes:

Solución A: Utilizar agua caliente para acelerar el proceso de disolución.

Inconveniente: Hay que invertir en equipamiento que no se tiene o quizás se deba distraer de otras operaciones.

Solución B: Disminuir el tiempo de disolución por agitación.

Inconveniente: Se debe disponer de recipientes de disolución con agitación mecánica o magnética, todo muy costoso.

Solución C: Combinar agitación y aumento de temperatura para disminuir el tiempo de disolución.

Inconveniente: La suma de inconvenientes A y B.

Solución D: Comprar la CMC disuelta.

Inconveniente: Se debe disponer de tanques de almacenamiento, pues la solución ocupa más volumen que el sólido, además de tener que disponer, quizás, de camiones tanques y de personal aplicado a toda la logística y depender de todo de los altibajos del reparto.

Solución E: Rechazar el desafío del trabajo y realizarlo por terceros.

Inconveniente: Demuestra incapacidad ante las exigencias de la tarea. De saberse esto, no daría una buena imagen ante colegas, ante los clientes y de otros potenciales clientes.

Solución F: Contratar más personal para esta tarea.

Inconveniente: Habría que entrenar al personal nuevo, quizás, solo para esa tarea y esto elevaría los costos de producción por tener que pagar más sueldos, lo cual incide negativamente en el precio del producto final, además de problemas logísticos.

Solución G: Humectar previamente la CMC en alcohol o glicerina, la pasta resultante adicionarla lentamente al agua con buena agitación.

Inconveniente: La Pymes no posee agitador para esta tarea ni tampoco para otras donde se lo requiera y además no está económicamente preparada para afrontar esa inversión.

Solución H: Adicionar muy lentamente la CMC en el agua y para disolver las partículas humectadas debe contarse con una vigorosa agitación.

Inconveniente: Nuevamente surge el problema económico de la inversión en equipos.

Solución I: Usar partículas de CMC con mayor tamaño, las cuales se dispersan fácilmente en agua. Esta CMC es recomendable cuando no se dispone de un sistema de agitación adecuado.

Inconveniente: Requieren de un mayor tiempo de disolución ¿Y el precio?

Algunas de las estrategias de soluciones halladas pueden, probablemente, funcionar muy bien, pero exigen procedimientos costosos y de difícil implementación. ¿Qué hacer?

La solución ideal, en donde su aplicación sea perfecta, sin costo y que no exista, es la ambicionada. ¿Cómo hallarla?

Uno de los caminos sería hacer uso de metodologías estructuradas de resolución de problemas. Hoy día se disponen de algunas como TRIZ, SIT [7], USIT [8], TRIZICS [9], etc.

Cabe aclarar que, los autores del trabajo hicieron uso de dos metodologías en este problema, USIT y TRIZ. Las soluciones halladas fueron prácticamente iguales. En el caso de la utilización de USIT ya fue presentado en AMETRIZ [10]. USIT, menos conocido que la metodología TRIZ, se presentó primero con el compromiso de difundirlo en la sociedad de habla hispana y portuguesa con permiso de su creador, el Dr. Ed Sickafus.

4.4. Comenzando a operar con TRIZ

Sin entrar en un detallado proceso AMFE (Análisis del Modo de Falla y sus Efectos), que es un posible punto de comienzo, pues, genera un número de causas raíz posibles de los efectos indeseados. Cada uno de estos efectos indeseados se convierte en un problema particular sobre el cual enfocar. Debajo se presenta una lista de los efectos indeseados seleccionados:

- Lentitud del proceso.
- Aumento de la cantidad de operarios
- Aumento de costos de operaciones
- Pérdida de tiempo.
- Operaciones desprolijas.
- Roturas y/o deterioro del equipamiento.
- Baja calidad de la producción.
- Aumento del tiempo de entrega.
- Mala relación con el cliente.
- Gasto de energía
- Etc.

Los Parámetros de Ingeniería de la lista de 39 fueron elegidos en base a los efectos indeseados que se consideran que más afectan:

- Pérdida de tiempo
- Gasto de energía

De acuerdo con la “jerga” TRIZ, los parámetros identificados se pueden ver en la Tabla 3:

Tabla 3 Relación del Efecto Indeseado con el Parámetro de Ingeniería.

Efecto indeseado	Parámetro de Ingeniería	Explicación
• Gasto de energía	22: Pérdida de energía	Energía disipada que no contribuye directamente al trabajo requerido.
• Pérdida de tiempo	25: Pérdida de tiempo	Lapso de tiempo que se pierde al llevar a cabo una acción por el objeto o el sistema tecnológico. Reducir la pérdida de tiempo es una característica deseable de un sistema.

Se realiza el planteo de la Contradicción Técnica (CT) en base a dos Conflictos Tecnológicos (CT-1 y CT-2).

CT-1: Si, se disminuye la Pérdida de tiempo (Mejoramiento), entonces, la Productividad aumenta (Bueno), pero, se incrementa la Pérdida de energía (Empeoramiento).

CT-2: Si, se aumenta la Pérdida de tiempo (Empeoramiento), entonces, la Productividad disminuye (Malo), pero, se disminuye la Pérdida de energía (Mejoramiento).

Veamos en la Figura 8 como se puede graficar estas CT-1 y CT-2 y su CF (esto es Contradicción Física) que surge como un parámetro de cambio posibilitando otra forma posterior de seguir modelando el problema y poder aplicar otro modelo de solución que enriquece el espacio de soluciones conceptuales, pero por razones de espacio no desarrollaremos este tópicó.

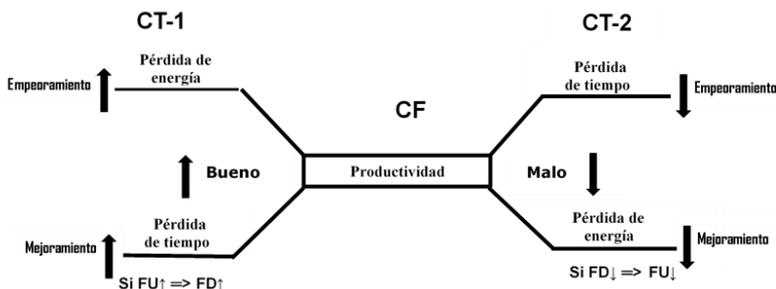


Figura 8 Gráfico de las causas raíz creíbles para el problema de la disolución de la CMC.

El paso siguiente es buscar en la Matriz de Contradicciones (Modelo de Solución), esto es haciendo el cruce de los parámetros en conflicto de ambos conflictos tecnológicos (CT1- y CT-2) que conforman a la Contradicción Técnica (CT) del Modelo del Problema. Ver Tabla 4.

Tabla 4 Principios obtenidos de la Matriz de Contradicciones (reducida en la zona de interés) para el problema particular.

		Parámetros que Mejoran	
Parámetros que Empeoran		22: Pérdida de Energía	25: Pérdida de Tiempo
	22: Pérdida de Energía	<p><i>En el cruce de iguales Parámetros no existen Principios de Inventiva</i></p>	10 - Acción anticipada 5- Consolidación o combinación 18 -Vibración mecánica 32 -Cambio de color
	25: Pérdida de Tiempo	10 - Acción anticipada 18 – Vibración Mecánica 32 -Cambio de color 7 - Anidación	<p><i>En el cruce de iguales Parámetros no existen Principios de Inventiva</i></p>

En la Tabla 5 se puede apreciar que es cada principio en detalle.

4.5. Análisis con la guía de los principios de inventiva

Principio 10- Acción anticipada: Hace pensar en tener almacenado soluciones de CMC para no perder tiempo durante la fabricación. Pero la solución se describe por concentración. Quizás sea redituable no almacenar grandes cantidades de solución sino tener pequeños volúmenes de solución bien concentradas, lo cual prepararla requiere poco gasto de energía.

Esto hace pensar, no en un problema fisicoquímico de la disolución rápida de la CMC, sino, en un problema organizacional, tiempo perdido. Al menos, surge otro aspecto para tener en cuenta. Otro “frente de pensamiento”, dejar durante periodos de tiempo “muerto” que el agua hidrate durante varias horas, por ejemplo, de noche, y esto se va haciendo solo, con lo cual no se gasta energía y el tiempo se aprovecha en descanso, o realizando otra tarea.

Principio 18- Vibración mecánica: Pensando en el principio 10 podemos pensar en utilizar una agitación mecánica por ultrasonido para pequeños volúmenes de soluciones concentradas. El gasto energético sería muy reducido.

La agitación molecular puede lograrse elevando la temperatura del sistema, es decir, transfiriendo calor a la masa de agua para disolver el CMC y lograr soluciones concentradas de CMC acuoso.

Principio 32- Cambio de color: No aplica.

Principio 5- Consolidación o combinación: El apartado a) parece reafirmar el caso de consolidar solución concentrada con agua. El b) parece reafirmar la combinación de tareas, esto es, combinar la hidratación del CMC, consecuencia surgida del principio 10, con otras tareas.

Principio 7- Anidamiento: Nos induce que una solución concentrada de CMC podría inyectarse dentro del agua, quedando momentáneamente anidada la solución con el agua.

Tabla 5 Descripción y ejemplos de los principios deducidos de la Matriz de Contradicciones.

Nº	Principio	Definición	Ejemplo
1	10 - Acción anticipada	a) Llevar a cabo la acción anticipadamente b) Arreglar objetos con antelación de tal manera que entren en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado	a) De nuevo la navaja de tipo "cutter", la cual contiene una hoja segmentada para que cuando una parte de ella pierda filo, pueda ser fácilmente reemplazada por un segmento nuevo. b) Cuando se lleva a cabo el vaciado de piezas de cerámica en secciones, entre cada sección se colocan hojas metálicas o plásticas para que una vez fraguada la pieza se pueda separar fácilmente del molde.
2	18 – Vibración mecánica	a) Emplear oscilaciones b) Si ya existe una oscilación, aumentar su frecuencia e inclusive llegar al ultrasonido c) Usar vibraciones ultrasónicas junto con campos magnéticos.	a) El péndulo de un reloj de pared. b) El horno de microondas. c) Actualmente es posible "soldar" huesos humanos mediante ultrasonido y campos magnéticos
3	32 – Cambio de color	"a) Cambiar el color de un objeto o el de su ambiente b) Cambiar el nivel de translucidez de un objeto o de su ambiente c) Usar aditivos de algún color para resaltar alguna cualidad o proceso de visualizar d) Si ya se emplean aditivos, usar algún tipo de pintura luminiscente para un mayor contraste	a) Una forma muy eficiente de aprovechar el calor del sol en los calentadores de agua, es pintándolos de negro mate. b) Una venda puede hacerse transparente para observar como cicatriza una herida c) En algunos termómetros, el líquido que indica la temperatura se colorea de rojo para producir un mayor contraste y hacer más fácil la lectura. d) Algunos termómetros tienen ya luminiscencia agregada en el líquido que indica la temperatura.
4	5 – Consolidación o combinación	a) Combinar en un espacio objetos homogéneos o que estén destinados a una operación contigua. b) Consolidar en tiempo operaciones simultaneas.	a) Unir dos embarcaciones convencionales con lo que surge el "catamarán", el cual es mucho más estable que las embarcaciones independientes. b) Cuando se excava en terreno congelado, se sugiere instalar aspersores de vapor de agua, junto con las cuchillas de excavación con objeto de reblandecer dicho terreno.
5	7 - Anidación	a) Que un objeto pueda colocarse dentro de otro y ellos dos dentro de un tercero. b) Un objeto pasa a través de la cavidad de otro	a) un lente zoom de cámara fotográfica. b) Una navaja tipo "cutter", la hoja pasa a través del objeto principal.

Cabe agregar que, la forma de planteo de la Contradicción Técnica, en modo de dos Conflictos Técnicos, aparece el principio de Productividad, que: tiene que ser Productivo y no Productivo simultáneamente. Esta constituye lo que se denomina en TRIZ Contradicción Física. Para ser Productivo no debe perder tiempo y a la vez no Productivo para que no se pierda energía. Es una situación absurda. TRIZ resuelve esta Contradicción Física haciendo que se cumplan ambas situaciones sin llegar a ninguna situación de compromiso. Lamentablemente por razones de extensión solo mencionamos el caso. El Modelo de Problema es la Contradicción Física y el Modelo de Solución se llama Principios de Separación, los cuales, de acuerdo con distintos autores cambian en número, pero lo más común es utilizar el modo de Separación en el Tiempo, Separación en el Espacio, Separación Bajo Condición y Separación entre el Total y la Parte [11]. Otras herramientas de TRIZ son el Análisis Su-Campo, Las Tendencias de evolución de los Sistemas Tecnológicos [12], el algoritmo ARIZ [13].

5. CONCLUSIÓN

La meta de TRIZ es permitir al analista del problema alcanzar múltiples soluciones conceptuales, tantas como sea posible y rápidamente para los problemas del mundo real (problemas técnicos cotidianos en todos los campos). Esta metodología permite establecer, rápidamente, perspectivas inusuales de una situación del problema.

Luego de un análisis del problema, hallamos los parámetros de ingeniería enfrentados, lo que sigue es el cruce de estos parámetros de ingeniería enfrentados y conformando la contradicción técnica, creando así el Modelo del Problema, al cual, posteriormente, se le aplica el Modelo de Solución, una de las tantas herramientas de TRIZ, en nuestro caso, la llamada Matriz de Contradicciones. Estos principios orientan hacia el conjunto de soluciones conceptuales, las cuales serán luego posibles de acuerdo con las circunstancias.

Lo que ahora sigue es la etapa de la aplicación de ingeniería, es decir aplicación de las métricas y cálculos sobre el conjunto de las soluciones conceptuales plausibles.

Aplicar otras herramientas de TRIZ, de complejidad creciente, incrementa el número y la calidad del conjunto de soluciones conceptuales.

Este breve ejemplo, no da el alcance total de TRIZ, ni su profundidad. Sin embargo, resolviendo problemas conceptuales se comprenden las herramientas descritas aquí. Faltan ejemplos en profundidad y sus discusiones, pues no es esa la intención de este trabajo, sino la de difundir esta metodología estructurada que es una asignatura electiva en las aulas de Ingeniería Mecánica de la UTN FRGP.

6. REFERENCIAS

- [1] Tesoros – terminología del TRIZ y ARIZ. Traducción desde el idioma ruso (Autores: Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp>
- [2] Bukhman, Isak. TRIZ Technology for Innovation. Published by Cubic Creativity Company. ISBN 978-986-85635—2-0. 2012
- [3] Requena, C., Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T. Breve Descripción y Comparación de las Metodologías Estructuradas para Resolución de Problemas. 9º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. AMETRIZ, Instituto Tecnológico de Monterrey sede DF. 2014
- [4] Nishiyama, J. C., et al. Los 40 Principios de Inventiva de TRIZ: Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería. Manual. 1ra Edición. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2019. Libro digital, PDF. ISBN 978-987-4998-11-8. <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4038>
- [5] Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T., Requena C., TRIZ. Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería. Manual oficial para el dictado de la materia del mismo nombre en la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional General Pacheco, Buenos Aires, Argentina. Uso Interno. 2015.
- [6] Arzate, Enrique Rico, et al. TRIZ. La Metodología más Moderna para Inventar O Innovar Tecnológicamente de Manera Sistemática. Editor: Panorama México, 2004. ISBN-13: 978-9683813596
- [7] Horowitz, R. and Maimon, O., SIT — A Method for Creative Problem Solving in Technology, in Proc. 7th International Conference on Thinking, Singapore, 1997.
- [8] Ed Sickafus: "Unified Structured Inventive Thinking -- An Overview", eBook, URL: <http://www.u-sit.net/>, (2003). Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama y C. Requena
- [9] Cameron Gordon - TRIZICS: Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve "impossible" technical problems systematically. www.trizics.com. 2010
- [10] Nishiyama, J., Zagorodnova, T., Requena, C. Aplicación del USIT: Problema del excesivo tiempo y esfuerzo consumido en la disolución acuosa del CMC. 7mo Congreso AMETRIZ, Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, México. 2012. <https://sites.google.com/a/ametriz.com/congreso7/ponencias>
<http://humbertriz.blogspot.mx/2012/11/dia-3-del-7o-congreso-iberoamericano-de.html>
- [11] Savransky, Semyon D. Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving) © 2000 by CRC Press LLC.M.
- [12] Orloff, M. – Inventive Thinking through TRIZ - A Practical Guide. 2da Ed. ISBN-10 3-540-33222-7 Springer Berlin Heidelberg New York
- [13] ARIZ 85 – Traducción de la versión original Ruso al Español (Autores: Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama), Rusia. 2004. <http://www.altshuller.ru/world/spa/ariz85v.asp>

Validez factorial y consistencia del instrumento aplicado para determinar el emprendedurismo estudiantil universitario.

Cadena-Badilla, Jesús Martín; Hernández León, Rafael; León Moreno, Francisco Javier; Vásquez Quiroga, Joaquín; Vega Robles, Ramón Arturo.

División de Ingeniería, Universidad de Sonora mcadena@guaymas.uson.mx ; rafael.hernandez@unison.mx ; javier.leon@unison.mx ; joaquin.vasquez@unison.mx ; arturo.vega@unison.mx

RESUMEN

El propósito es validar la estructura factorial y consistencia interna del Instrumento (Perfil e20) para determinar las Características Emprendedoras de los estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad Norte. Consta de 35 ítems y por Muestreo Aleatorio Simple se determinó encuestar a 235 alumnos de una población de 600 estudiantes. La Estructura Factorial del Constructo se establece por Análisis Factorial Exploratorio mediante Componentes Principales y Rotación Varimax. Resultando seis factores con 55.9% de varianza explicada, $KMO=0.916$ y $Determinante=0.0000359$. La Confiabilidad se obtuvo con Alfa de Cronbach= 0.923 , siendo muy aceptable. En el arreglo factorial inicial con ocho factores, las variables P7, P24, P27, P31 y P34 resultaron ambiguas con autovalores muy cercanos en más de un Factor y fueron eliminadas, volviéndose a efectuar el análisis, pero ahora para las 30 variables restantes. Del AF de siete factores se observaron que las variables P4, P12, P24, P31 y P34 también resultaban ambiguas por la misma razón ya descrita y del AF para seis factores se observó también ambigüedad en las variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P29 y P32 por lo que se eliminaron dichas variables, efectuándose de nuevo el AF con 27 variables. Por el Principio de Parsimonia y buscando una mayor simplicidad en el arreglo obtenido, se probó la solución de seis factores para ajustarse al cuestionario original, diseñado para poblaciones equivalentes con validez de constructo y confiabilidad interna aceptables. Los resultados muestran que el Instrumento ofrece validez factorial y presenta consistencia interna en sus escalas.

Palabras Clave: Validez Factorial, Emprendedurismo, Instrumento Perfil e20.

ABSTRACT

The purpose is to validate the factorial structure and internal consistency of the Instrument (Profile e20) to determine the Entrepreneurial Characteristics of the students of the University of Sonora, North Unit. It consists of 35 items and by Simple Random Sampling it was determined to survey 235 students from a population of 600 students. The Factorial Structure of the Construct is established by Exploratory Factor Analysis through Principal Components and Varimax Rotation. Resulting six factors with 55.9% of explained variance, $KMO = 0.916$ and $Determinant = 0.0000359$. Reliability was obtained with Cronbach's Alpha = 0.923 , being very acceptable. In the initial factorial arrangement with eight factors, the variables P7, P24, P27, P31 and P34 were ambiguous with very close eigenvalues in more than one Factor and were eliminated, re-performing the analysis, but now for the remaining 30 variables. From the FA of seven factors, it was observed that the variables P4, P12, P24, P31 and P34 were also ambiguous for the same reason already described and from the FA for six factors, ambiguity was also observed in the variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P29 and P32, so these variables were eliminated, performing the PA again with 27 variables. Using the Parsimony Principle and seeking greater simplicity in the arrangement obtained, the six-factor solution was tested to fit the original questionnaire, designed for equivalent populations with acceptable construct validity and internal reliability. The results show that the Instrument offers factorial validity and presents internal consistency in its scales.

Keywords: Factorial Validity, Entrepreneurship, Profile Instrument e20.

1. INTRODUCCIÓN

La responsabilidad social universitaria (RSU) tiene sus antecedentes en la responsabilidad social empresarial (RSE), la cual es definida por la Secretaría de Economía del Gobierno Mexicano como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor añadido [1]. Aunque sus inicios pueden rastrearse a lo largo de más de un siglo su establecimiento data de la década de 1960 y se ve regido actualmente por los Principios Rectores de empresas y derechos humanos de la ONU [2], esto es una responsabilidad voluntariamente adquirida por las empresas que buscan tener repercusiones positivas sobre la sociedad. De manera resumida se señala entonces que a partir de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, se plantea un plan de acción mundial con 17 objetivos dirigidos al desarrollo sustentable y señala como elemento transversal a los derechos humanos, eje rector de la RSE [3].

La Organización de las Naciones Unidas [4], plantea promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros.

La RSU, por su parte tiene sus inicios en los años 2000 cuando se construyó explícitamente el concepto de responsabilidad social universitaria en América Latina. El Observatorio Mexicano de la Responsabilidad Social Universitaria (OMERSU) lo define como “Habilidad y efectividad de la universidad para responder a las necesidades de transformación de la sociedad, mediante el ejercicio de sus funciones, mismas que deben estar animadas por la búsqueda de la promoción de la justicia, la solidaridad y la equidad social para atender los retos que implica promover el desarrollo humano sustentable.

La RSU nos plantea retos como instituciones de formación de personas en las distintas profesiones y dado que es un tema muy amplio e incluyente es importante identificar cada uno de los elementos y conocer que cada una de esas acciones sociales que le componen tienen un nombre que le identifica de tal manera que seas capaz de ubicarlo en un contexto específico para poder incluirlo como parte de la formación profesional que como docentes tenemos asignada.

Precisamente por lo anterior explicado, uno de los retos de la RSU es el apoyo y formación de jóvenes emprendedores para su desarrollo personal y que contribuyan al desarrollo económico y social. Actualmente, la mayoría de las instituciones de educación superior (IES), no cuenta con un perfil que permita el desarrollo de las capacidades de emprendimiento que necesita el profesional egresado. La actividad emprendedora es uno de los principales motores de desarrollo económico, principalmente por su función en la creación de empleo y en la expansión de sectores económicos; por otra parte, es un área del conocimiento aún nueva en el marco global de la investigación, y como tal, se encuentra en proceso para consolidar un escenario conceptual, lo que hace pertinente esta propuesta, la cual facilitaría la toma de decisiones en el diseño de estrategias curriculares y de enseñanza-aprendizaje [5].

1.1 Emprendimiento Universitario.

El emprendimiento ha sido abordado desde la investigación universitaria desde múltiples enfoques. Durante los últimos años varios investigadores se han hecho interrogantes sobre la orientación y características de la investigación en emprendimiento, como una nueva área del conocimiento que poco a poco cobra mayor importancia en el concierto académico a nivel mundial [6]. En este sentido, se destacan los trabajos de Veciana [7], Castillo [8], Bruyat y Julien [9], Low [10], Busenitz et al. [11], Cooper & Schindler [12], Moriano, Sánchez y Palací [13], Zahra et al. [14], López [15], Martínez [16], Cardozo [17], Wiklund, Davidsson, Audretsch, & Karlsson [18], Nicolás y Rubio [19], Herrera y Montoya [20], Hidalgo, Kamiya y Reyes [21], Karmarkar, Chabra y Deshpande [22]; y más recientemente, Murillo y Santillán [23], Rodríguez [24], Leitch y Volery [25], entre muchos otros.

En cuanto al enfoque cuantitativo, más hacia la generación de medidas del emprendimiento, se destacan los trabajos de De Noble, Jung y Ehrlich [26], Ehrlich, De Noble y Singh [27], Sánchez, Lanero y Yurrebaso [28], Moriano, Palací y Morales [29], Lanero, Sánchez, Villanueva y D’Almeida [30], Tinoco [31], Lanzas, Lanzas y Lanzas [32], Salvador [33], González y Zuñiga [34], Campos, Figueroa y Sandoval [35], Merino y Vargas [36], Lanero, Vázquez, Gutiérrez y García [37], Moriano, Topa, Molero, Entenza y Lévy-Mangin [38], Cabana, Cortes, Plaza, Castillo y Álvarez [39], Rodríguez y Gómez [40], Alcaraz y Villasana [41], Pérez y Torralba [42], Renko, El Tarabishy, Carsrud & Brännback [43] entre otros.

Con mucha evidencia de debate y aplicación los trabajos de De Noble et al. [44], quienes presentan la Escala de Auto-Eficacia Emprendedora (ESE, por sus siglas en inglés), y del mismo equipo de trabajo (Ehrlich et al., [45]), la Escala de Autoeficacia Emprendedora Corporativa (CESE, por sus siglas en Inglés); así mismo, sus versiones en castellano, propuestas por Moriano et al [46] y Moriano et al. [47], respectivamente.

Por otra parte, autores como Ugalde [48], quien plantea el capital intelectual como caracterizador del emprendedor, Rodríguez [49], quien estudia la intensión emprendedora en el ámbito científico público, Cardozo [50], con el papel de la motivación en el emprendimiento, López [51], quien evalúa la influencia del emprendedor en el emprendimiento corporativo, y Martínez [52], quien analiza las competencias emprendedoras en alumnos, entre otros, han tratado el tema a nivel doctoral.

Los resultados de este proyecto de investigación incluyen un perfil de las capacidades de emprendimiento del estudiante de la Universidad de Sonora, y que eventualmente, permitiría el desarrollo de políticas universitarias en el marco del diseño curricular, perfil del egresado, entre otros aspectos. Así mismo, permitiría a la Universidad, contribuir con el desarrollo de políticas gubernamentales.

2. DISEÑO METODOLOGICO.

Este documento deriva de un proyecto de investigación que se está realizando en las tres Unidades Regionales de la Universidad de Sonora que con sus resultados se busca caracterizar el perfil de la capacidad de emprendimiento de sus estudiantes, revisando el estado del conocimiento en el tema de emprendimiento en México. Valorar un instrumento para medir su capacidad de emprendimiento y así poder identificar los factores que determinan dicha capacidad a través de la determinación de la validez y fiabilidad del instrumento PERFIL DE CAPACIDAD EMPRENDEDORA (PERFIL e20) usado en esta investigación.

Objetivo.

El objetivo es, pues, obtener evidencias de validez de constructo (validez factorial) para el Instrumento *Perfil e20* y así poder obtener indicadores de confiabilidad para la prueba global y sus subfactores, contrastar los resultados obtenidos a través de la muestra de estudiantes con los reportados por la literatura científica. Además, se busca aportar validez a la interpretación de los resultados de la aplicación de este instrumento en este contexto.

2.1 Tamaño de Muestra y Estadística Descriptiva.

La población objeto del presente estudio se conforma de un universo de estudiantes del 5to. Semestre en adelante de la Universidad de Sonora Unidad Norte, siendo alrededor de 600 estudiantes, de aquí se determinó el tamaño de la muestra de 235 encuestas a alumnos que arrojó el muestreo aleatorio simple, las cuales se repartieron aleatoriamente. Este tamaño de muestra tiene un nivel de confianza del 95% y un error estimado del 5%, utilizado para condiciones de validez cuando el estimador del parámetro tiene un comportamiento normal [53]. Una vez seleccionados los alumnos se procedió a encuestarlos. En este tipo de muestreo todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de resultar seleccionados.

2.2 Instrumento Utilizado.

En este estudio se ha utilizado una adaptación del instrumento Escala de auto eficacia emprendedora (Entrepreneurial Self-Efficacy, ESE) que proponen Moriano, Palací y Morales, [54], quienes la adaptaron y validaron. Fue desarrollada en la San Diego State University (SDSU) por los profesores Alex De Noble, Don Jung y Sanford Ehrlich [55]. Estos autores identificaron seis dimensiones que recogían las principales tareas que debe desarrollar un emprendedor para crear con éxito su propia empresa. El instrumento aquí utilizado ha sido el Entrepreneurial Self-Efficacy, ESE, pero complementado con las aportaciones de los diferentes autores mencionados y citados en la revisión literaria de este documento, por lo que ha sido complementado y adaptado al contexto mexicano. El instrumento obtenido ha sido denominado Perfil de Capacidad Emprendedora (PERFIL e20) y consta de 35 ítems principales y 3 ítems globales complementarios para un análisis más profundo. Se espera los resultados se ajusten a las Dimensiones del instrumento adaptado al español, las cuales son las siguientes:

Factores de la escala ESE.

1) *Desarrollar nuevos productos y oportunidades de mercado.* Se refiere a un conjunto de habilidades relacionadas con el reconocimiento de oportunidades. El emprendedor debe creer en su capacidad creativa para descubrir oportunidades que le permitan desarrollar sus productos o servicios, y adaptarse a los cambios del mercado [56-58].

2) *Construir un entorno innovador.* Esta dimensión se centra en la capacidad del individuo para estimular la creatividad, iniciativa y responsabilidad de las personas que trabajan con él. Por lo tanto, el emprendedor debe creer en su capacidad para construir un entorno a partir de cero que favorezca la innovación. Este factor de la escala ESE está relacionado con la dimensión “asunción de riesgos e innovación” [59].

3) *Iniciar relaciones con inversores.* Los emprendedores deben utilizar sus redes sociales y establecer contactos que les permitan captar los recursos necesarios para crear su propia empresa [60].

4) Definir el objetivo central del negocio. Esta dimensión es fundamental porque si una persona se cree incapaz de establecer el propósito principal de su negocio, entonces resulta poco probable que se sienta motivado para iniciar su propia aventura empresarial.

5) *Afrontar cambios inesperados*. Se refiere a la creencia sobre la capacidad de trabajar bajo incertidumbre. Adentrarse en el mundo de la creación de empresas, dejando atrás el confort que supone trabajar por cuenta ajena en una empresa establecida, requiere una tolerancia a la ambigüedad y adaptación a los cambios.

6) *Desarrollar los recursos humanos clave*. Habilidad para atraer y retener individuos que son claves en la creación de una nueva empresa. Además, resulta básico que el emprendedor reconozca la importancia de involucrar a otros en el proceso de creación de su empresa.

En la sección I del instrumento se utiliza un formato de dos columnas: La primera contiene los ítems con las características de emprendimiento; la segunda dedicada para determinar el grado de cumplimiento con cada ítem. En la sección II se utiliza el mismo formato de dos columnas y se enfoca en la seguridad, factibilidad e intención emprendedora. Al analizar los resultados, cada una de sus dimensiones son consideradas como variables continuas, y las puntuaciones de los sujetos son clasificadas mediante un sistema de valores para cada escala [61], (Tabla 1).

En el presente trabajo se ha aplicado una escala de Likert de cinco posibilidades de respuesta (de 1 a 5) por lo que los anteriores rangos para evaluar el nivel de las dimensiones han sido recalculados para este tipo de escala, respetando el sistema de percentiles para la Escala Likert propuesto por Maneiro, Mejías, Romero y Serpa [62] y replanteado por Vega-Robles et al. [63].

Para este caso, los promedios de los valores del instrumento que caigan en valores menores a 1.79 se consideran Totalmente en Desacuerdo. Los promedios mayores a 1.79 y menores o iguales a 2.59 se les consideran En Desacuerdo. A los promedios que caigan entre 2.591 y 3.39 se les considera ni De acuerdo Ni en Desacuerdo, a los promedios de las dimensiones que caigan entre 3.391 y 4.19 se les considera De Acuerdo y, por último, a los promedios que sobrepasen a 4.21 hasta 5, se les considera como un Completamente De Acuerdo de poder ser emprendedores. Para determinar el nivel de satisfacción del cliente a través del servicio recibido, se presenta la tabla referente a esta escala (ver Tabla 1).

Tabla 1 Puntuación Likert para las encuestas aplicadas a los estudiantes.

Escala de Likert		% de Cumplimiento
1,00 a 1,79	Totalmente en Desacuerdo	20,0 a 35,9
1,80 a 2,59	En Desacuerdo	36,0 a 51,9
2,60 a 3,39	Ni en desacuerdo Ni de Acuerdo	52,0 a 67,9
3,40 a 4,19	De Acuerdo	68,0 a 83,9
4,20 a 5,00	Completamente de Acuerdo	84,0 a 100

Validación del Instrumento de Medición.

De Noble et al. [64], presentan la Escala de Autoeficacia Emprendedora (ESE, por sus siglas en inglés), así mismo, su versión en castellano, fue propuesta por Moriano et al. [65]. Todos ellos, junto con Martínez [66], quién analiza las competencias emprendedoras en alumnos, entre otros, han tratado el tema a nivel doctoral.

Para utilizar este instrumento de Características de emprendimiento, primero es necesario corroborar la fiabilidad del instrumento en forma global.

El objetivo del análisis de fiabilidad es determinar que un conjunto de elementos (ítems) de una escala, puedan conducir a resultados que estén altamente correlacionados con los resultados que se llegarían a obtener si se repitiera la prueba. Es decir, consiste en lograr una escala que conduzca a resultados similares cuando diferentes personas la administren y cuando usan formas alternas de la prueba [67].

Para determinar la fiabilidad se utilizó el Alpha de Cronbach, que está orientada hacia la consistencia interna de una prueba, para valores inferiores a 0.6 se considera una baja fiabilidad, entre 0.6 y 0.8 es aceptable y por encima de 0.8 es excelente [68]. Según Carretero y Pérez [69] el coeficiente Alpha de Cronbach es directamente proporcional al número de preguntas, esto significa que se incrementa cuanto mayor sea el número de ítems consideradas. Es por esto, que, al someter al análisis de fiabilidad a cada una de las seis dimensiones, los coeficientes suelen dar debajo de 0.8, lo cual los hace ver como que no son suficientemente válidos, donde ya se ve la validez es cuando se consideran en forma global las 35 preguntas.

2.3 Procedimiento.

El análisis de los datos se efectuó mediante el paquete estadístico SPSS 23 para Windows. Se empleó el método de Componentes Principales con rotación Varimax para la extracción de

factores, y se retuvieron aquellos factores con *eigenvalue* mayor que 1 [70 y 71]. Antes de efectuar el análisis factorial (AF), se revisó el cumplimiento de ciertos criterios para cumplir con la viabilidad de este.

El determinante de la matriz de correlaciones obtuvo un valor de 0.0000001744. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa, el test KMO de adecuación de la muestra arrojó un valor de 0.917, la fiabilidad del instrumento fue de 0.942 y la prueba detallada de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov fue significativa para todos los ítems. Estos resultados indican que es válido efectuar un análisis factorial de la matriz de correlaciones ([72 y 73]) y que el instrumento es muy confiable. Hair et al. [74] sugiere que para que una carga factorial pueda ser considerada como significativa su valor no debe ser inferior a 0.45 (esto equivale a $n=150$). Por otro lado, Morales ([75]) sugiere que una carga factorial de 0.25 (equivalente a $n=400$) ya se puede considerar como significativa, aunque ambos reconocen que depende mucho de la experiencia empírica del investigador y del sustento teórico del constructo.

En el caso de este estudio como $n=235$, entonces el punto de corte de significancia para una carga factorial es igual o mayor a 0.38. Para lograr una mayor consistencia, se escogió a partir de 0.4 como cargas significativas.

3. Resultados.

En el presente estudio el nivel de confiabilidad de Alfa de Cronbach igual a 0.942 la cual se considera como muy aceptable en estudios referentes a las ciencias sociales. Con este indicador, la aplicación del instrumento muestra muy buen nivel de confiabilidad del mismo.

El análisis factorial (AF) se ha aplicado para presentar los resultados obtenidos para proveer un sustento cuantitativo que permita obtener una medida objetiva de las características de emprendimiento de los estudiantes e identificar los factores que pueden ser considerados más importantes a la hora de analizar dichas características. Dicho análisis se ha realizado utilizando la técnica de análisis de componentes principales, con la que se han sintetizado los datos pudiéndolos relacionar entre sí, obteniéndose las características principales que definen la estructura dimensional del constructo que deben de ser incluidas en el análisis de medición (ver Tabla 2).

Tabla 2 Resultados de los diferentes Análisis Factoriales realizados.

Análisis Factorial Con Reducción de Variables	Resultado Varianza Total Explicada	Determinante	KMO	Alfa de Cronbach
Con 35 Variables	8 Factores y VTE = 59,039%	0,0000001744	0,917	0,942
Con 35 Variables	7 Factores y VTE = 56,096%	0,0000001744	0,917	0,942
Con 35 Variables	6 Factores y VTE = 52,950%	0,0000001744	0,917	0,942
Resultados con 6 Dim y 35 Ítems sin P4, P8, P9, P12, P17, P23 P29 y P32 (27 variables).	6 Factores y VTE = 55,854%	0,0000359	0,916	0,923
Resultados 7 Dim y 35 Ítems sin P4, P12, P24, P31 y P34 (30 Variables).	7 Factores y VTE = 58,669%	0,000003966	0,914	0,932
Resultados 8 Dim y 35 Ítems sin P7, P24, P27, P31 y P34 (30 Variables).	7 Factores y VTE = 58,638%	0,000004398	0,914	0,932

Fuente: Elaboración propia con resultados de SPSS.

El AF arrojó un arreglo de 8 factores, pero para acercar más este resultado a las dimensiones teóricas de los autores de este instrumento de medición, los autores del presente trabajo en un afán por acercar más el arreglo factorial obtenido al arreglo dimensional teórico del constructo de seis Dimensiones ya descritas en el presente trabajo, han optado por repetir el análisis factorial para 7 y para 6 factores para estudiar la variación de los parámetros estadísticos y aplicar el Principio de Parsimonia ([77]), buscando obtener un modelo más sencillo, con menos Dimensiones pero que también represente fielmente a los datos analizados. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 2 y el arreglo factorial obtenido se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de componentes rotados^a

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
P15	0,642					
P7	0,594					
P31	0,563					
P30	0,539					
P6	0,532					
P14	0,523					
P35	0,430					
P20		0,752				
P26		0,631				
P24		0,504				
P33		0,408				
P22		0,375				
P19			0,710			
P13			0,635			
P11			0,507			
P27			0,456			
P25				0,695		
P21				0,518		
P10				0,503		
P34				0,484		
P16					0,701	
P5					0,566	
P3					0,511	
P1					0,467	
P28						0,700
P2						0,463
P18						0,397

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 31 iteraciones.

Al obtener el arreglo factorial inicial con ocho factores se pudo observar que las variables P7, P24, P27, P31 y P34 resultaron ambiguas ya que sus autovalores eran muy cercanos en más de un Factor con diferencias menores a 0.1 por lo que fueron eliminadas dichas variables, volviéndose a efectuar el análisis factorial, pero ahora para las 30 variables restantes. Del AF de siete factores se observaron que las variables P4, P12, P24, P31 y P34 también resultaban ambiguas por la misma razón ya descrita y del AF para seis factores se observó también ambigüedad en las variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P29 y P32 por lo que se eliminaron dichas variables, efectuándose de nuevo el AF para ambos casos con 30 y con 27 variables respectivamente. Los resultados de todos los casos se presentan en la Tabla 2. El arreglo factorial para seis factores se presenta en la Tabla 3. Por el Principio de Parsimonia ya explicado antes y buscando una mayor simplicidad en el arreglo obtenido, se escogió como resultado aceptable el arreglo factorial de seis factores y 27 variables, ya que las diferencias con el arreglo original de ocho factores y 35 variables no son significativas: el valor del Determinante sigue siendo muy cercano a cero, la Varianza Total Explicada solo cae del 59.039% al 55.854%, una disminución de tan solo el 3.18% , El valor de KMO solo disminuye de 0.917 a 0.916 y el alfa de Cronbach solo disminuye de 0.942 a 0.923, siendo estos, valores muy altos y adecuados para un análisis de este tipo. [77, 78 y 79].

Como Resultado del Análisis Factorial aceptado se obtuvo el arreglo de los Factores que Determinan la Capacidad de Emprendimiento en un Estudiante. Ver Tabla 4.

Tabla 4 Factores que determinan la Capacidad de Emprendimiento en un Estudiante.

P15	Me gusta alcanzar los objetivos que me propongo
P7	Tengo confianza en mis capacidades y posibilidades
P31	Suelo cumplir los compromisos para acabar un trabajo
P30	Me considero bueno en el trabajo que hago
P6	Me gusta asumir responsabilidades
P14	Me gusta tener capacidad de decisión
P35	Sueles cumplir los plazos que te fijas para realizar un trabajo
P20	Me considero una persona ambiciosa
P26	Me considero una persona motivada
P24	Me gustan los retos
P33	Siento mi espíritu aventurero
P22	Se encontrar soluciones ante los problemas
P19	Me resulta fácil asignar tareas a los demás
P13	Si necesito ayuda, la pido
P11	Para mí es importante disponer de autonomía en mi trabajo
P27	Si el trabajo lo requiere, soy capaz de sacrificar mi tiempo libre
P25	Se me da bien administrar los recursos económicos
P21	Tengo predisposición para asumir riesgos
P10	Me considero una persona ambiciosa
P34	Si existe algo que “no hay manera de hacer”, encuentro esa manera
P16	Me considero una persona creativa
P5	Soy una persona intuitiva
P3	Me adapto con facilidad a los cambios
P1	Me considero una persona emprendedora
P28	Tengo facilidad de comunicación
P2	Soy una persona con una actitud positiva
P18	Me considero una persona optimista

Fuente: Obtenida de SPSS 23.

Conclusiones.

Se aplicó el instrumento PERFIL DE CAPACIDAD EMPRENDEDORA (PERFIL e20) a una muestra de 235 alumnos del 5to. Semestre en adelante de la Universidad de Sonora Unidad Norte. Se efectuaron las pruebas requeridas para considerar válido un análisis factorial resultando validas estas pruebas con un determinante de 0.0000001744. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa, la prueba KMO de adecuación de la muestra fue de 0.917, la fiabilidad del instrumento fue de 0.942 y la prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov fue significativa para todos los ítems y el nivel de confiabilidad de Alfa de Cronbach igual a 0.942. En el caso de este estudio como $n=235$, entonces el punto de corte de significancia para una carga factorial significativa es igual o mayor a 0.38.

El análisis factorial arrojó un arreglo de ocho factores que se aparta de la teoría del constructo de este instrumento para medir el Emprendimiento. Se repitió este análisis para obtener siete y seis factores y así obtener valores y poder realizar un comparativo respecto a la Varianza Total Explicada (VTE), su Determinante, su KMO y su Alfa de Cronbach.

El constructo de este instrumento se compone de los seis factores ya descritos anteriormente, pero para acercar más este resultado a las dimensiones teóricas de los autores de este instrumento de medición, este análisis factorial se ajustó a la obtención de seis factores para ser congruente y buscando apegarse lo más posible al constructo. Al analizar el resultado con seis dimensiones se pudo ver que las variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P28 y P32 resultaban muy ambiguas ya que sus autovalores caían en más de un factor por lo que fueron eliminadas, atendiendo el Principio de Parsimonia y buscando obtener simplicidad de descripción y cálculo. Disminuyó el número de variables de 35 a 27. Se escogió este arreglo factorial ya que su VTE fue de 55.854%, el valor del Determinante 0.0000359, KMO= 0.916 y con una confiabilidad de 0.923; todos estos valores considerados muy buenos para la experimentación.

Estos resultados indican que dicho cuestionario es válido y confiable y que su estructura permite exponer los resultados obtenidos en la presente investigación haciendo inferencia válida en la población con la información obtenida de la muestra. Sin embargo, se recomienda ampliar este

estudio a las muestras de las tres unidades regionales de la UISON para obtener componentes más significativos en cuanto a la correlación entre las variables del instrumento.

Referencias

- [1] Secretaría de Economía (SE). (2016). Responsabilidad Social Empresarial. Portal de la Secretaría de Economía. <https://www.gob.mx/se/articulos/responsabilidad-social-empresarial-32705> Consultado el 25 de febrero de 2020.
- [2,3] Secretaría de Economía (SE). (2016). Cuarto foro de Responsabilidad Social Corporativa. Secretaría de Economía. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279207/4_Foro_Nacional_de_RSC_parte_1.pdf el 25 de febrero de 2020.
- [4] Naciones Unidas (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago. CEPAL/UN.
- [5] Cadena-Badilla, M., Hernández R., Vásquez J., León, F., Heredia, A. (2021). Perfil de emprendimiento de los estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad Norte de México. *South Florida Journal of Development, Miami*, v.2, n.2, p. 3100-3117 apr./jun. 2021. ISSN 2675-5459. DOI: 10.46932/sfjdv2n2-149
- [6] Matiz, F. (2009). Investigación en emprendimiento, un reto para la construcción de conocimiento. *Revista EAN*, No. 66, pp. 169-182.
- [7] VECIANA, J. (1999) "Creación de Empresas como programa de investigación Científica" *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 8, No. 3. pp 11-36.
- [8] Castillo, A. (1999). *Estado del arte en la enseñanza del emprendimiento*. Programa Emprendedores como creadores de riqueza y desarrollo regional Intec. Chile: Intec.
- [9] Bruyat, C. and Julien, P.A. (2000). Defining the Field of Research in Entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, Vol. 16, No.2, pp.165-80.
- [10] Low, M. (2001). The Adolescence of Entrepreneurship Research: Specification of Purpose. *Columbia Business School*. Volume: 25 issue: 4, page(s): 17-26. <https://doi.org/10.1177/104225870102500402>
- [11] Busenitz, L., West, G., Shepherd, D., Nelson, T., Chandler, G., and Zacharakis, A. (2003). Entrepreneurship Research in Emergence: Past Trends and Future Directions. *Journal of Management*. 29(3) 285–308. DOI: 10.1016/S0149-2063_03_00013-8.
- [12] Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2003). *Business research methods*. 8th ed. Boston, Mass.: McGraw-Hill/Irwin.
- [13] Moriano, J.; Sánchez, M. y Palací, F. (2004). *Un estudio descriptivo sobre los emprendedores en España, la República Checa y Bulgaria (cap. 10)*. En "Congreso El emprendedor innovador y la creación de empresas de I+D+", capítulo 10, pp. 161-178. Universidad de Valencia: Valencia, España.
- [14] Zahra, S., Sapienza, H. & Davidsson, P. (2006) 'Entrepreneurship and dynamic capabilities: a review, model and research agenda', *Journal of Management Studies*, 43: 917–955.
- [15,51] López, C. (2008). *Influencia del comportamiento emprendedor de los mandos medios en el fomento del Corporate Entrepreneurship*. Tesis Doctoral. Universitat Ramon Llull, España.
- [16,52,66] Martínez, F. (2008). *Análisis de competencias emprendedoras del alumnado de las escuelas taller y casa de oficio en Andalucía. Primera fase del diseño de programas educativos para el desarrollo de la cultura emprendedora entre los jóvenes*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España.
- [17,50] Cardozo, A. (2010). *La motivación para emprender. Evolución del modelo de rol en emprendedores argentinos*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.
- [18] Wiklund, J., Davidsson, P., Audretsch, D. & Karlsson, C. (2011). The Future of Entrepreneurship Research. *Entrepreneurship Theory and Practice*. Volume: 35 issue: 1, page(s): 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2010.00420.x>
- [19] Nicolás, C. y Rubio, A. (2012). El emprendimiento social: una comparativa entre España y países sudamericanos. *Revista FIR, FAEDPYME International Review*, Vol. 1, No. 1, pp. 38-49.
- [20] Herrera, C. y Montoya, L. (2013). El emprendedor: una aproximación a su definición y caracterización. *Punto de vista*, Vol. 4, No. 7, pp. 7-30.
- [21] Hidalgo, G.; Kamiya, M. y Reyes, M. (2014). Emprendimientos dinámicos en América Latina. Avances en prácticas y políticas. Serie Políticas Públicas y Transformación Productiva, N°16. *Corporación Andina de Fomento / Banco de Desarrollo de América Latina*.

- [22] Karmarkar, Y., Chabra, M., and Desphande, A. (2014). Entrepreneurial Leadership Style(s): A Taxonomic Review. *Annual Research Journal of Symbiosis Centre for Management Studies*. 2(1), 156-189.
- [23] Murillo, E. y Santillán, L. (2015). Revisión de las Investigaciones sobre teoría y práctica del Emprendimiento. Posibilidades del Monitor Global de Emprendimiento (MGE). *Revista Publicando*, Vol. 2, No. 5, pp. 285-299.
- [24,49] Rodríguez, F. (2015). *Estudio de la intensión emprendedora en el ámbito científico público. El caso de las ciencias de la vida en España*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, España.
- [25] Leitch, C., & Volery, T. (2017). Entrepreneurial leadership: Insights and directions. *International Small Business Journal*, 35 (2), 147–156.
- [26,44,55,64] Denoble, A., Jung, D. & Ehrlich, S. (1999). *Entrepreneurial self-efficacy: The development of a measure and its relationship to entrepreneurial actions*. Trabajo presentado en el Frontiers of Entrepreneurship Research, Waltham.
- [27,45] Ehrlich, S., De Noble, A. y Singh, J. (2005). Corporate Entrepreneurial Self-Efficacy: Toward the Development of a Domain-Specific Measure'. Paper pre-sented at the Frontiers of Entrepreneurship Research, Babson.
- [28] Sánchez, J.; Lanero, J. y Yurrebaso, A. (2005). Variables determinantes de la intención emprendedora en el contexto universitario. *Revista de Psicología Social Aplicada*, Vol. 15, nº 1, pp. 37-60.
- [29,46,54,65] Moriano, J.; Palací, F. y Morales, J. (2006). Adaptación y validación en España de la escala de Autoeficacia Emprendedora. *Revista de Psicología Social*, Vol. 21, No.1, pp. 51-64.
- [30] Lanero, A., Sánchez, J., Villanueva, J., y D'Almeida, M. (2007). *La perspectiva cognitiva en el proceso emprendedor*. Guillén C. & R. Guil (Coords.), X Congreso Nacional de Psicología Social: Un Encuentro de Perspectivas (Vol. 2, pp. 1594-1604). Cádiz, Spain: University of Cádiz.
- [31] Tinoco, O. (2008). Medición de la Capacidad Emprendedora de ingresantes a la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, Vol. 11, No. 2, pp 18-23.
- [32] Lanzas, V.; Lanzas, F. y Lanzas, A. (2009). Propuesta para medir el perfil de los emprendedores de base tecnológica. *Scientia et Technica*, Año XV, No. 43, pp. 267-272.
- [33] Salvador, C. (2009). Ecuaciones estructurales como modelos predictivos de la autoeficacia emprendedora en una muestra de jóvenes mexicanos y españoles. *Apuntes de Psicología*, Vol. 27, número 1, pp. 65-78.
- [34] González, R. y Zúñiga, A. (2011). Método CEPCES para la Evaluación del Potencial Emprendedor. *Journal of Technology, Management & Innovation*, Vol. 7, No. 1, pp. 77-99.
- [35] Campos, R.; Figueroa, G. y Sandoval, M. (2011). *Medición de las habilidades emprendedoras: base para mejorar el programa de desarrollo emprendedor*. XV Congreso internacional sobre innovaciones en docencia e investigación en ciencias económico-administrativas. Chihuahua, Chihuahua, 5, 6 y 7 de septiembre de 2012.
- [36] Merino, M. y Vargas, D. (2011). Evaluación comparativa del potencial emprendedor de Latinoamérica: una perspectiva multinivel. Academia, *Revista Latinoamericana de Administración*, No. 46, pp. 38-54.
- [37] Lanero, A.; Vázquez, J.; Gutiérrez, P. y García, M. [2011]. Evaluación de la conducta emprendedora en estudiantes universitarios. Implicaciones para el diseño de programas académicos. *Pecunia*, No. 12, pp. 219-243.
- [38,47] Moriano, J.; Topa, G.; Molero, F.; Entenza, A. y Lévy-Mangin, J. (2012). Autoeficacia para el Liderazgo Emprendedor. Adaptación y Validación de la Escala CESE en España. *Anales de psicología*, Vol. 28, No. 1, pp. 171-179.
- [39] Cabana-Villca, R.; Cortes-Castillo, I.; Plaza-Pasten, D.; Castillo-Vergara, M. y Alvarez-Marin, A. (2013). Análisis de Las Capacidades Emprendedoras Potenciales y Efectivas en Alumnos de Centros de Educación Superior. *Journal of Technology, Management & Innovation*, Vol. 8, No. 1, pp. 65-75.
- [40] Rodríguez, D. y Gómez, A. (2014). Las competencias emprendedoras en el departamento de Boyacá. *Apuntes del CENES*, Vol. 33, No. 58, pp. 217-242.
- [41] Alcaráz, R. y Villasana, M. (2015). *Construcción y validación de un instrumento para medir competencias emprendedoras*. XIX Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas: Gestión de las Organizaciones rumbo al 3er milenio "de la Regionalización a la Globalización", pp. 1-31. Academia de Ciencias Administrativas ACACIA, México.
- [42] Pérez, A y Torralba, A. (2015). Medición del emprendedurismo en el municipio de Puebla: Diagnóstico para el desarrollo empresarial. *Tec Empresarial*, Vol. 9, No. 1, pp. 19-30.

- [43] Renko, M., El Tarabishy, A., Carsrud, A., Brännback, M. (2013). Understanding and measuring entrepreneurial leadership style. *Journal of Small Business Management*. Vol.53, No. 1. pp 54–74. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12086>
- [48] Ugalde, N. (2013). Capital intelectual, características del emprendedor e innovación. El caso de las MIPYMES Costarricenses. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, España.
- [54] Barón, F. y Téllez, F. (2004). *Apuntes de Bioestadística: Tercer Ciclo en Ciencias de la Salud y Medicina*. Departamento de Matemáticas Aplicada. Universidad de Málaga. <http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap02.pdf>
- [56] Chen, C., Green, P. and Crick, A. (1998). Does Entrepreneurial Self-efficacy Distinguish Entrepreneurs from Managers? *Journal of Business Venturing*, 13, 295-316.
- [57,59] Chell, E. 2000. "Towards researching the "opportunistic entrepreneur": A social constructionist approach and research agenda." *European Journal of Work & Organizational Psychology* 9(1):63-80.
- [58] Krueger Jr, N., Reilly, M., & Carsrud, A. (2000). Competing models of entrepreneurial intentions. *Journal of business Venturing*, 15(5), 411-432.
- [60] Ehrlich, S., De Noble, A., Moore, T. y Weaver, R. (1994). After the cash arrives: A comparative study of venture capital and private investor involvement in entrepreneurial firms. *Journal of Business Venturing*, 9, 67-82.
- [61,62] Maneiro, N.; Mejías, M.; Romero, M. y Zerpa, J. (2008) Evaluación de la Calidad de los Servicios, una Experiencia en la Educación Superior Venezolana. *EDUCERE*, Vol. 12, No. 43, pp. 797-804.
- [63] Vega, R., Cadena, J., Mejías, A, y Guzmán, R. (2014). Análisis de la calidad de los servicios académicos: caso de estudio Ingeniería Industrial y de Sistemas Campus Caborca, Universidad de Sonora, México. Memorias del VII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2014. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú 2014. ISSN 1856-8343.
- [67] Merino, César. & Lautenschlager, Gary. (2003). Comparación estadística de la confiabilidad alfa de Cronbach: Aplicaciones en la medición educacional y psicológica. *Revista de Psicología – Universidad de Chile*, 12(2), 129 – 139.
- [68] Caetano, A. y Gonzalo, N. (2003). *Marketing en los servicios de educación modelos de percepción de calidad*. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Comercialización e Investigación de Mercados.
- [69] Carretero-Dios, H. Pérez, C. (2005). Normas para el desarrollo y revisión de estudios instrumentales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*. Vol. 5, No. 3, pp. 521-551 [Fecha de consulta: 31 de julio de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33705307> ISSN 1697-2600.
- [70,77] Kaiser, H. (1960). The application of electronic computers to analysis factorial. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- [71,72,78] Tabachnick, B. y Fidell, L. (2007). Using multivariate statistics. 5th Edition. Boston: Harper Collins.
- [73,74,79] Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (2010). Análisis Multivariante. 5ta. Ed. Madrid: Ed. Pearson Prentice-Hall.
- [75] Morales, P. (2011). El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de test, escalas y cuestionarios. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Apuntes de Materia: Análisis Multivariante. (Última revisión, 8 de Enero, 2011). Disponible en: <http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf>
- [76] López, C., y Baniandrés, N. (2013). El principio de parsimonia en la ciencia cognitiva actual: Riesgos y soluciones. *Ciencia Cognitiva*, 7:2, 28-30. Recuperado de <http://www.cienciacognitiva.org/files/2013-10.pdf>
- [80]

Modelado de espumas metálicas para su aplicación en aspas de aerogeneradores

Cruz Villegas, Liz; Matteazzi, Aldana; Micone, Nahuel; Pelayo, Marcelo

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

cruzvillegasliz@gmail.com; aldanamatteazzi@gmail.com; nahuelmicone@yahoo.com.ar;
marcelo_pelayo@yahoo.com.ar

RESUMEN

El acelerado crecimiento en términos de capacidad instalada y cantidad de parques eólicos y el exponencial aumento de las dimensiones de los aerogeneradores ha motivado la apertura de una gran cantidad de núcleos de investigación, principalmente relacionados al aumento de su eficiencia y flexibilidad de operación. Sin embargo, recientes reportes han confirmado la necesidad de analizar la aplicabilidad de materiales de baja densidad, alta resistencia mecánica y capacidad de reciclado para la fabricación de las aspas de dichas máquinas. En este marco de investigación, se ha planteado la utilización de espumas de aluminio como posible candidato. Debido al gran tamaño y complejidad de las mismas, resulta costoso y dificultoso llevar a cabo ensayos a escala. Por dicho motivo, se hace foco en el uso de diferentes softwares para el modelado y simulación del material antes mencionado.

Este artículo describe las principales fuerzas que actúan sobre las aspas, las estructuras típicamente utilizadas para su fabricación y las potenciales zonas de aplicación de las espumas de aluminio en ellas. Luego se introduce un análisis de literatura que incluye múltiples estrategias de modelado de espumas metálicas. De dicho análisis se procede a describir detalladamente el método con mayor potencial a recrear una geometría similar a la realidad. Por último, dicho modelo es importado en el entorno “Ansys” donde se procede a realizar una simulación por elementos finitos de los modelos 2D y 3D generados. Resultados preliminares son mostrados indicando que el modelo desarrollado tiene potencial para describir el comportamiento de espumas de aluminio bajo cargas de compresión.

Palabras Claves: Espumas de Aluminio, Paletas, Generadores Eólicos

ABSTRACT

The fast growth in terms of installed capacity and quantity of wind farms, and the exponential increase of wind turbines' dimensions has motivated the opening of a large number of research topics, mainly related to the increase of their efficiency and operation flexibility. However, recent reports have confirmed the need to analyze the applicability of materials with low density, high mechanical resistance and recycling capacity for the production of this machines' blades. In this research framework, it has been proposed the use of aluminum foams as a possible candidate. Due to the large size and complexity of the turbine blades, carrying out tests at real scale implies high costs and technical difficulties. For this reason, the present work focusses on the use of different software for modeling and simulation of the previous mentioned material.

This article describes the main forces applied to these blades, the structures typically used for their production and the potential areas where metallic foams can be used. Then, some metallic foams modelling strategies are described. Finally, the model is imported into “Ansys” when FEA is carried out. The obtained results are compared with available literature achieving the conclusion that metallic foams' behavior has potential to be used in structural elements of wind turbine blades of significant sizes.

Keywords: Aluminum foams, blades, wind turbines

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el compromiso de los gobiernos respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel internacional se ha incrementado. La Asamblea de la ONU para el Medio Ambiente [1], el Protocolo de Kioto [2-3], El acuerdo de París [4] y los Objetivos de Desarrollo Sostenible [5] son algunos de los principales impulsores en la proliferación de fuentes de energía alternativa.

Actualmente, Argentina es uno de los países comprometidos con el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable propuestos por la ONU. Entre los objetivos a priorizar por el Gobierno Nacional, se encuentra el OBJETIVO 7: “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos” [6].

A raíz de lo expuesto, las energías renovables son uno de los tópicos con mayor desarrollo y evolución en el país [7-8]. En Argentina, la eólica es una de las fuentes alternativas de energías más destacada debido principalmente a la alta dotación de recursos naturales asociados. A modo de ejemplo, el 70 % del territorio posee vientos de más de 6 m/s con una dirección y constancia tal que permiten obtener factores de capacidad del 35 % y superiores [9]. Estos factores de capacidad contribuyen a obtener una gran disponibilidad y rentabilidad de los parques eólicos.

Los aerogeneradores, acompañando la creciente demanda energética, han aumentado de tamaño, pasando límites que no eran siquiera considerados unas décadas atrás [10]. Esto ha implicado la generación de códigos que establezcan criterios uniformes en el diseño y la fabricación de dichos componentes [11-12], lo que ha conllevado a la investigación de este tópico a fin de optimizar los principales criterios establecidos [13]. Sin embargo, un tema pendiente de desarrollo, es la utilización de materiales más resistentes y livianos en la fabricación de las palas de los aerogeneradores. Dichos componentes son considerados una parte crítica del conjunto, ya que son los encargados de adquirir la energía del viento y convertir el movimiento lineal de este en un movimiento de rotación. Esta energía es transmitida a un sistema de transmisión mecánica y de ahí al generador que transforma el movimiento de rotación en energía eléctrica.

Debido al tamaño, complejidad en su diseño y criticidad de las palas, el desarrollo de materiales específicos para su construcción es de gran aporte para el aumento de la eficiencia de estos equipos.

Para la fabricación de las palas de aerogeneradores es de gran interés la aplicación de espumas de aluminio, ya que son materiales con propiedades físicas y mecánicas acordes a los parámetros requeridos para un eficiente diseño y rendimiento. Adicionalmente, tienen un menor impacto ambiental ya que cuentan con una óptima capacidad de reciclado.

En función al análisis de literatura realizado previo al presente trabajo [14], se concluyó que las espumas de aluminio de poro cerrado satisfacen mejor las propiedades que las de poro abierto. Además, se propuso una serie de métodos de fabricación y algunas aleaciones de aluminio tentativas para dicha aplicación.

A raíz de la gran complejidad intrínseca a la estructura de espumas de aluminio, para llevar a cabo las experiencias planteadas y validar la hipótesis de aplicación de espumas de aluminio en palas eólicas (ensayos a escala), se requiere tener a disposición una amplia variedad de recursos, siendo el factor económico el de mayor influencia. Las investigaciones que se han ido desarrollando en este campo proponen como solución a la problemática expuesta la utilización de softwares específicos para el modelado y simulación del material. Por tal motivo, en el presente trabajo se recurre a este tipo de herramientas para el estudio de diferentes estrategias de modelado, el cual permitirá la simulación de algunas de las propiedades críticas a tener en cuenta para un eficiente diseño de las palas.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

Las turbinas eólicas o aerogeneradores son máquinas empleadas para transformar la energía del viento en energía eléctrica. Estos se clasifican, en función de la orientación de las palas, en las de eje horizontal y de eje vertical (Ver Figura 1) [15-16].



Fig. 1- Aerogenerador de eje vertical y eje horizontal.

En ambos casos el principio de funcionamiento es similar y se resume como: el aerogenerador es actuado por la rotación de un eje que gira por la acción del viento sobre las palas

[17]. Es decir que la energía cinética del aire en movimiento es convertida en energía mecánica que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, convirtiéndola en energía eléctrica. Por lo expuesto anteriormente, las palas son un componente vital que inclusive guarda relación con la eficiencia de estos equipos. A continuación, se brinda una breve descripción de su forma típica constructiva.

2.1. Perfil de aspas de aerogeneradores.

Las palas consisten esencialmente en dos perfiles ensambladas, una de succión y otra de presión. Internamente se encuentran reforzadas por unos perfiles con dos elementos principales, ‘shear webs’ y ‘spar caps’ (ver Figura 2) [19-20].

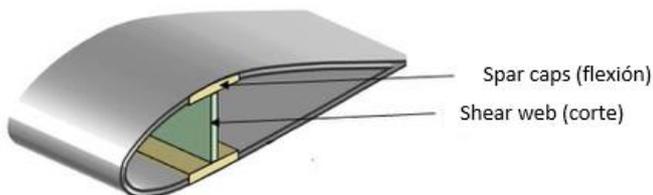


Fig. 2 - Componentes básicos del perfil estructural de un aspa de aerogenerador.

La distribución de los refuerzos estructurales puede adoptar diferentes formas. A continuación, se puede observar algunas configuraciones típicas que aportan mayor soporte, siendo las zonas amarillas los shear webs y las zonas negras los spar caps [21].

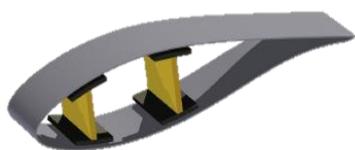


Fig. 3 – Tres celdas con refuerzos estructurales



Fig. 4 - Tres celdas con un solo refuerzo superficial tipo caja.



Fig. 5 - Tres celdas con refuerzo superficial entre webs.

Desde el punto de vista aerodinámico, las fuerzas actuantes sobre un aspa pueden dividirse en dos grupos: sustentación y resistencia. La primera es la componente perpendicular a la corriente incidente, mientras que la segunda es la componente de igual dirección y sentido que la corriente actuante (ver figura 6).

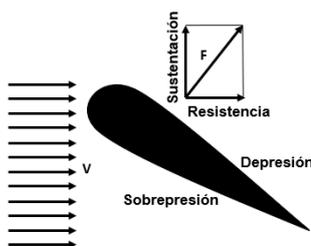


Fig. 6 - Fuerzas aerodinámicas actuantes sobre el perfil de un aspa.

De la Figura 6 se puede observar que al actuar el viento (v) sobre un aspa se genera un gradiente de presiones entre ambas caras (intradós y extradós) dando como resultado la fuerza F, conformada por la componente de sustentación y resistencia [19].

Por otro lado, desde el punto de vista estructural, las aspas están sujetas a cargas tales como flexión, gravitacionales, o aquellas generadas por la aceleración. En lo referente a la flexión, existen dos direcciones a considerar: ‘flapwise’, perpendicular a la línea cordal, y ‘edgewise’, paralela a la línea cordal (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

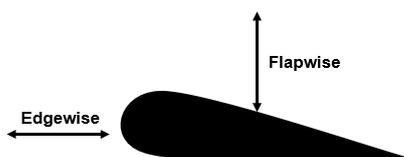


Fig. 7 - Direcciones de las fuerzas aplicadas sobre el aspa.

Las cargas causantes de la flexión en la dirección flapwise, son soportadas principalmente por el spar cap, mientras que los refuerzos, shear webs, resisten las fuerzas actuantes sobre la dirección cordal, edgewise [22].

Actualmente, los perfiles, específicamente los shear webs, de las aspas de los aerogeneradores están realizados con materiales tipo sándwich, el cual consiste en un núcleo de sección de un material ligero recubierto por láminas de otro material (ver Figura 8). Este tipo de constitución proporciona un bajo peso y alta rigidez, los cuáles son requisitos necesarios para una pala eólica eficiente [23].

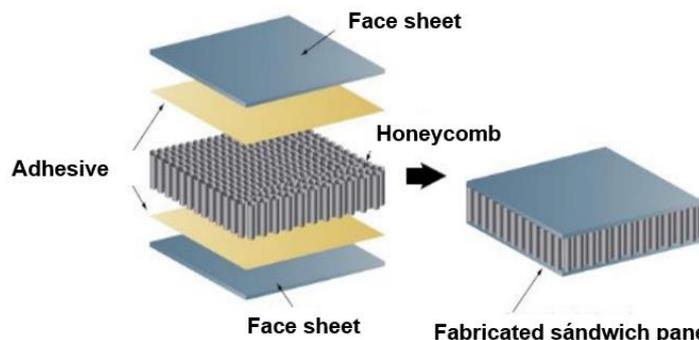


Fig. 8 - Esquema de estructura tipo sándwich con núcleo de colmena[42].

De acuerdo a lo expuesto hasta el momento, resulta de interés evaluar la posibilidad de utilizar la espuma metálica de aluminio como núcleo del material tipo sándwich de los refuerzos estructurales, principalmente los denominados 'shear webs', los cuáles son intermediarios entre ambas caras del asa. No obstante, en los últimos años se observa una tendencia a utilizar materiales sándwich en más secciones de las palas (ver Figura 9), principalmente para mejorar el comportamiento frente a cargas de pandeo (buckling) [24].

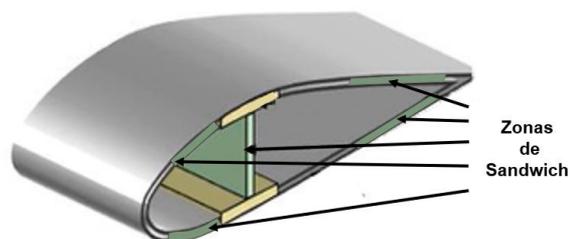


Fig. 9 - Zonas potenciales a aplicar materiales tipo sándwich en las palas de los aerogeneradores.

2.2. Espumas metálicas.

Las espumas metálicas han sido estudiadas y analizadas por diversos autores [25-30]. Para poder llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo se detallarán algunos conceptos básicos referidos al tema.

Como bien explica Cárcel González en su tesis doctoral [27], se llama espuma metálica a los materiales con una densidad relativa, es decir el peso respecto del material macizo, menor al 40% y con una definida estructura celular, la cual puede estar conformada por celdas o poros abiertos. Los últimos son los que caracterizan las esponjas, siendo las estructuras constituidas por celdas cerradas con las que se trabajará a continuación.

Dichas espumas pueden ser obtenidas en primera instancia mediante dos métodos de manufactura: fusión y pulvimetalurgia. La técnica utilizada para obtener la espuma, que se tomará de referencia para el desarrollo de este proyecto, se corresponde con el método de fusión, el cual consiste en expandir un gas dentro del metal fundido por inyección o descomposición de polvos para crear las celdas que, posteriormente a su solidificación, mantienen la estructura formada. Las celdas están conformadas por aristas o bordes, interceptados en nodos o vértices, y caras o paredes de celda que unen las aristas.

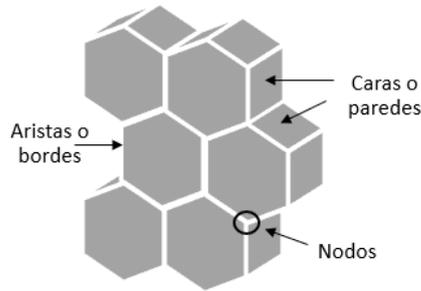


Fig. 10 – Esquema simplificado de los componentes de las celdas de una espuma.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 11 ilustra la estructura de una espuma de poro cerrado. Los materiales celulares, según sea el proceso de fabricación utilizado, poseen tamaños de poro en el rango de los 30mm hasta décimas de milímetros [31].

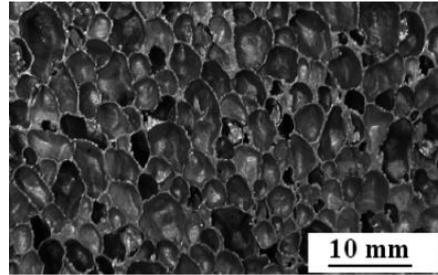


Fig. 11 – Espuma de aluminio de poros cerrados [32].

La diferencia entre las dimensiones de las celdas unitarias y los elementos constituidos por ellas, permite considerar al material homogéneo y ser descrito con un modelo de homogeneización. El modelo analiza la respuesta mecánica a nivel macro a partir de deformaciones a nivel micro, tomando ventaja de la periodicidad de la estructura del material y permitiendo estudiar el comportamiento interno del mismo [29-30]. La respuesta mecánica macro rige por el comportamiento estructural de las celdas. Y a nivel micro, en la estructura celular los defectos generan concentraciones de tensión locales provocando pequeñas deformaciones plásticas, aun estando en el periodo de fluencia. Daxner expone que el fenómeno ocurre principalmente alrededor de los vértices de las celdas. Por tal motivo, es necesario considerar en el modelo el comportamiento elasto-plástico del material independientemente de la carga a la cual es sometida [33].

Entonces se denomina modelo constitutivo al conjunto de ecuaciones que caracterizan cada tipo de material y su reacción macroscópica a las cargas aplicadas, resultante de la constitución interna [34]. A diferencia de un material macizo, el tensor de tensiones de las espumas está formado por la componente hidrostática, referido a un cuerpo sumergido en un fluido sometido a esfuerzos normales en todas sus caras, y la desviadora, referido a los esfuerzos de corte aplicados [35].

El modelo constitutivo aplicado define el tamaño, ubicación y forma de la superficie de fluencia afectado por las deformaciones plásticas acumuladas. Como resultado, la superficie de fluencia evoluciona con el tiempo y la deformación plástica resulta de superponer los efectos del comportamiento elástico y de fluencia. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra las distintas etapas que atraviesa una espuma metálica por acción de un esfuerzo de compresión uniaxial cuasiestática [26].

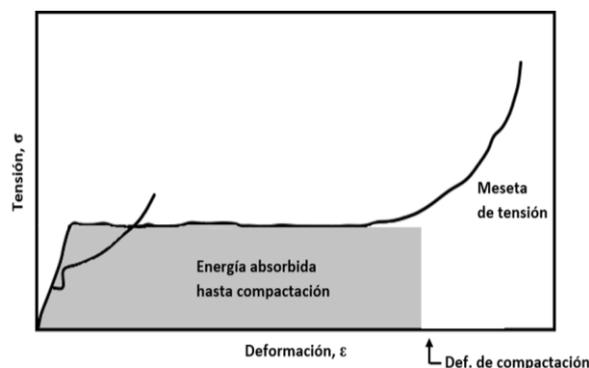


Fig. 12 - Curva tensión-deformación a compresión de una espuma metálica.

La meseta de tensión observada se caracteriza por el colapso sucesivo de las celdas, producido por pandeo elástico sobre las paredes de estas, generando deformación plástica prematura a tensión casi constante. A medida que se incrementa la carga, el pandeo elástico

provoca el colapso de las celdas, con su consiguiente deformación y aumento de presión entre las paredes circundantes. Alcanzada determinada deformación, denominada deformación de compactación, se eleva abruptamente la tensión, produciéndose la compactación del material.

En general, se produce endurecimiento por deformación, ya que las celdas colapsadas resisten mayores esfuerzos de compresión, como consecuencia la pendiente de la meseta es más inclinada.

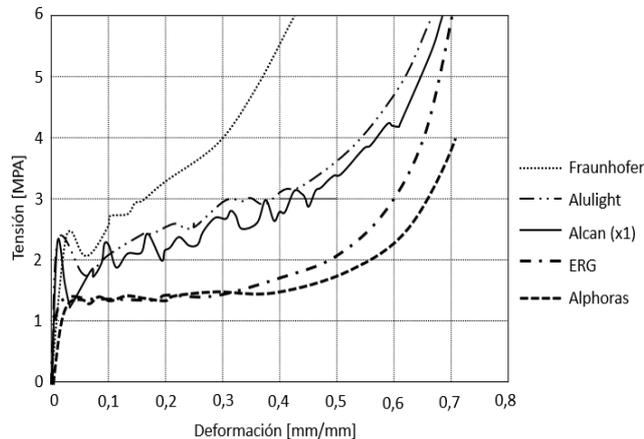


Fig. 13 - Curvas tensión-deformación nominal a compresión cuasiestática de espumas metálicas comerciales.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra las curvas correspondientes a distintas espumas metálicas comerciales. A modo comparativo, se observa la variación de las mesetas y pendientes según el material. Se puede observar también que la configuración de espumas aumenta su resistencia durante el período plástico a compresión, siendo mucho menor la carga soportada en el período elástico.

2.3. Propiedades de las espumas metálicas.

Para simular las espumas metálicas es necesario desarrollar un modelo que capture su geometría real y sus características determinantes. Las propiedades de las espumas metálicas dependen de las características de los poros constitutivos, entre ellas, el tipo, forma, tamaño, porcentaje, uniformidad y área. Las mismas presentan una gran variabilidad de acuerdo al método con el que se fabrica la espuma [32]. Para este proyecto en particular nos centraremos en el estudio de las espumas obtenidas a partir del proceso Alphoras [29].

A continuación, se presentan los parámetros más relevantes que describen la morfología de las espumas metálicas. Esto es relevante para poder definir si el modelo desarrollado posee una morfología similar a la realidad.

2.3.1 Geometría de las celdas.

Las observaciones experimentales sobre numerosos tipos de espumas indican que la estructura real es normalmente una combinación de diferentes poliedros no regulares. Es necesario aclarar que la distribución y el tamaño de celda es aleatoria y varía en gran medida respecto al método de fabricación [25].

2.3.2 Densidad relativa.

Es el parámetro físico más importante para definir las propiedades mecánicas, térmicas o eléctricas de una espuma metálica en relación con las propiedades del sólido (r^*/r). Donde r^* es la densidad del material celular y r es la densidad del material sólido del que está hecho el material celular [31]. Si bien no define el tipo de geometría de la estructura, es relevante para el cálculo del espacio ocupado por un gas dentro de la misma.

Para una geometría de celda dada, el conocimiento del tamaño de poro o de las longitudes características de las aristas, el espesor de las paredes y el espesor de los bordes, permite predecir de manera precisa el valor de la densidad relativa de la espuma.

En [29] se ha evaluado la conexión entre la variación de la densidad de las espumas con su comportamiento elástico y su absorción de energía. La cuantificación de estos valores se realiza mediante la determinación de una serie de parámetros geométricos: número de poros por unidad de superficie (N_a), el área de los poros por unidad de volumen (S_v) y el volumen de poros por unidad de volumen (V_v). Estos valores, al ser representados respecto a la variación de densidad, muestran cómo al incrementar la densidad, V_v disminuye y N_a y S_v aumentan. Lo anteriormente mencionado se ve reflejado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** [36].

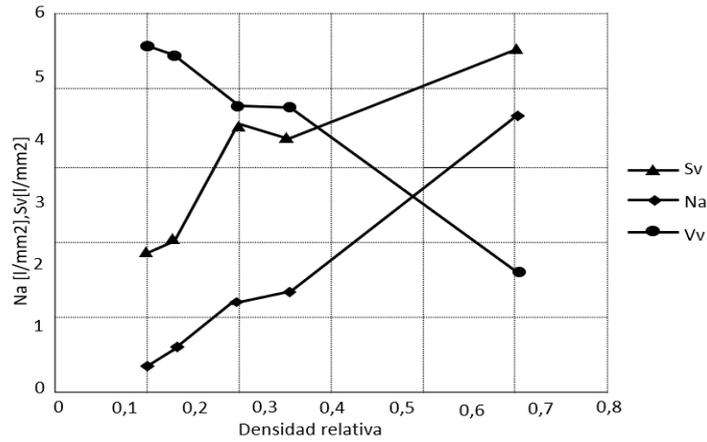


Fig. 14 - Variación de la densidad relativa en función al número de poros por unidad de superficie (NA), área de poros por unidad de volumen (SV) y el volumen de poros por unidad de volumen (VV). Modificado de [22].

Cuando r^*/r se incrementa, el espesor de las paredes también incrementa y el volumen de los poros disminuye [25]. Es decir, cuanto mayor sea la densidad, el tamaño del poro es menor, las paredes son más gruesas y la estructura tiende a ser más homogénea (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

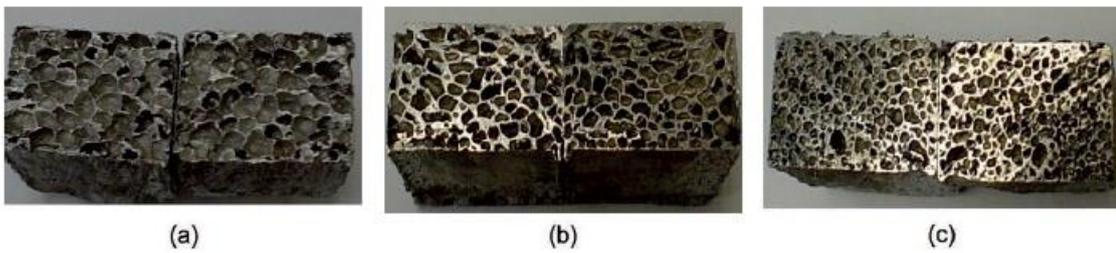


Fig. 15 - Tamaño de poro de las espumas de aluminio de densidad (a) 0.56 g/cm3 (b) 0.66 g/cm3 (c) 0.73 g/cm3.

La densidad relativa es la propiedad que tiene mayor influencia sobre el comportamiento a compresión de las espumas metálicas [26], debido a su relación directa con el tamaño y la distribución de los poros. En las ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observa que las espumas de aluminio de mayor densidad presentan mayor resistencia [36]. Puede observarse que el aumento de la densidad en las espumas incrementa el valor de las cargas tanto en los ensayos de compresión, así como en los ensayos de impacto y tracción.

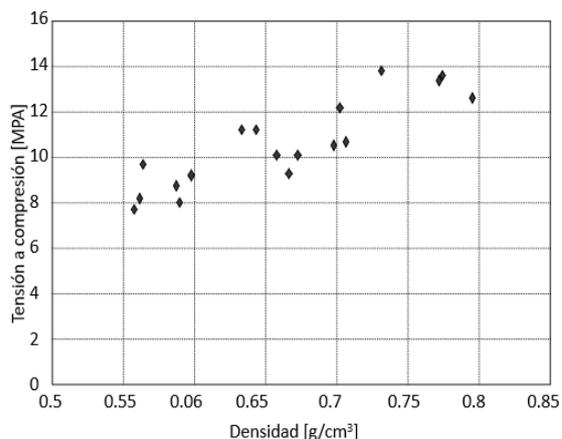


Fig. 17 - Comportamiento a compresión de espumas de aluminio de diferentes densidades. Modificado de [36].

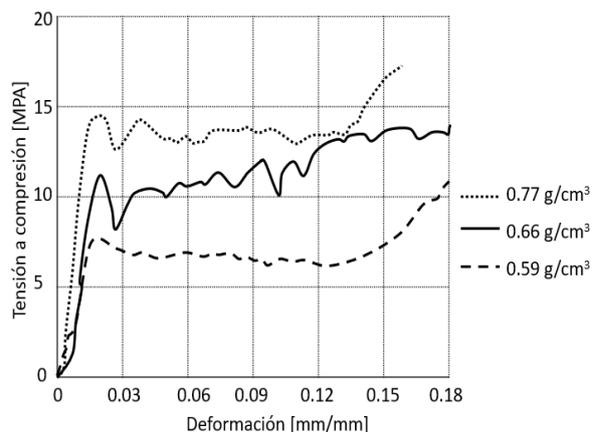


Fig. 16 - Curvas de tensión – deformación a compresión de tres espumas de aluminio con diferente densidad. Modificado de [36].

2.3.3 Anisotropía estructural.

Las espumas obtenidas a partir del proceso Alphoras, presentan tamaños de poro variables en el rango de 2mm a 10mm [14]. Otro parámetro relevante, es la forma de las celdas. Celdas equiaxiales imponen propiedades isotrópicas, mientras que si son alargadas en una dirección preferente, las propiedades varían de forma muy importante según la orientación de la espuma en

la que se midan (anisotropía) [37]. La anisotropía presente será producto de la aleatoriedad y variabilidad del proceso de fabricación. Esta variabilidad dentro de la espuma se ve reducida cuanto mayor sea la densidad de la espuma fabricada, ya que la geometría de la celda tiende a ser más homogénea y esférica [30,38].

2.4. Métodos de modelado de espumas metálicas.

Para representar la estructura de las espumas, en una primera instancia, se ha desarrollado un modelo simplificado, el cual se ha procurado que cuente con una determinada periodicidad respecto de su geometría para que su modelado sea más sencillo. Entonces se ha propuesto celdas unitarias de material homogéneo con una o más cavidades, como las mostradas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las cuales poseen simetría cúbica. Las dimensiones de dicha celda pueden ser parametrizadas y es posible modificar sus dimensiones geométricas, el tamaño de los poros y su valor de porosidad.

A partir la celda definida se pueden generar varias matrices para crear la espuma de aluminio. Si se modifican las dimensiones de la celda, automáticamente se actualizan los valores en toda la matriz.

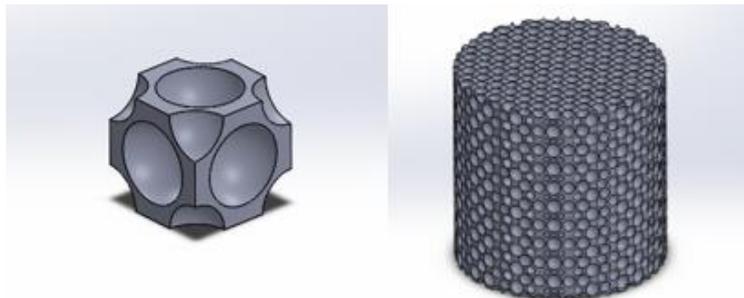


Fig. 18 – Modelo de celda unitaria.

Si bien el modelo de celda unitaria simplifica el modelado, no es aplicable a nuestro estudio, ya que presenta importantes limitaciones y puede dar lugar a interpretaciones erróneas sobre las prestaciones estructurales de las espumas de poro cerrado. Esto ocurre ya que se trata de una estructura con un elemento continuo y se hace muy complejo reproducir la densidad relativa de la espuma. Además, es esperable que no represente el comportamiento estructural debido a que no considera la intrínseca “inhomogeneidad” de las espumas en términos de espesor de pared y tamaño de poro.

Por estas razones, se ha continuado el análisis en búsqueda de alternativas. El siguiente paso fue recurrir a elementos tipo placa o “Shell”. Estos elementos, son utilizados para modelar estructuras en las que el espesor de pared es significativamente más pequeño que el resto de las dimensiones, permitiendo obtener un modelo de celda unitaria con menor densidad relativa.

Partiendo de una observación visual de la estructura de las espumas metálicas de celda cerrada, e intentando obtener una celda unitaria fácil de delinear, con simetría cúbica, se ha tomado el modelo desarrollado por Irausquin Castro en su tesis doctoral (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) [26].

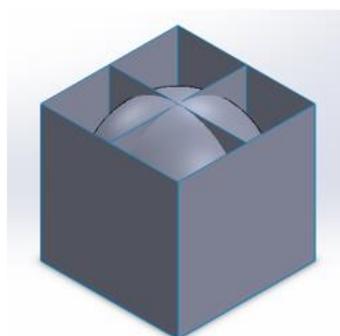


Fig. 19 – Modelo tipo “Shell”.

El modelo de celdas tipo “shell” también es desestimado, ya que, si bien los resultados de las simulaciones se asemejan a la respuesta mecánica de las espumas, la curva tensión deformación presenta muchas diferencias. Y se llega a la conclusión de que el modelo propuesto es incapaz de reproducir la compactación progresiva durante el proceso de deformación, en el ensayo de compresión.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** podemos observar la comparación entre la curva tensión – deformación del modelo shell con una espuma experimental. Son evidentes las diferencias que tienen los resultados del modelo con los datos experimentales de la espuma metálica. Existe una similitud en la zona elástica, tanto en su extensión como en el valor

de la rigidez. El endurecimiento tiene una pendiente creciente que se asemeja al de la espuma experimental, aunque se diferencia a partir de la compactación y no muestra el pico de tensión al comienzo de la plastificación.

Esto resulta previsible, ya que la aparición del pico de tensión en la curva está asociada a la fractura y colapso masivo de bandas de celdas en la espuma y el modelo analizado tiene una sola celda.

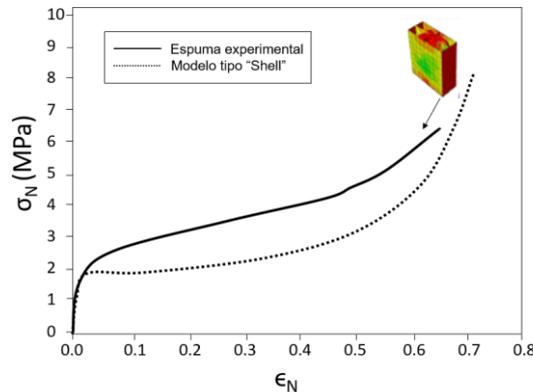


Fig. 20 - Comparación de la curva tensión – deformación del modelo shell con la curva de una espuma experimental [26].

Dadas las diferencias presentadas en la curva tensión/deformación del modelo propuesto con una espuma experimental, se ha decidido desestimar momentáneamente el mismo, con el objetivo de encontrar otro que se asemeje en mayor grado al comportamiento experimental.

Por lo antes expuesto, se ha procedido a utilizar otra clase de estructuras que capten la aleatoriedad intrínseca que caracteriza a las espumas metálicas. De este modo, se ha buscado plantear un algoritmo que considere los parámetros más importantes para el modelado de la espuma de aluminio.

Cuando se simulan un gran número de celdas, también suele utilizarse un modelado de estructuras periódicas compuestas por múltiples celdas generadas por algoritmos de Voronoi y distribuidas al azar (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) [39].

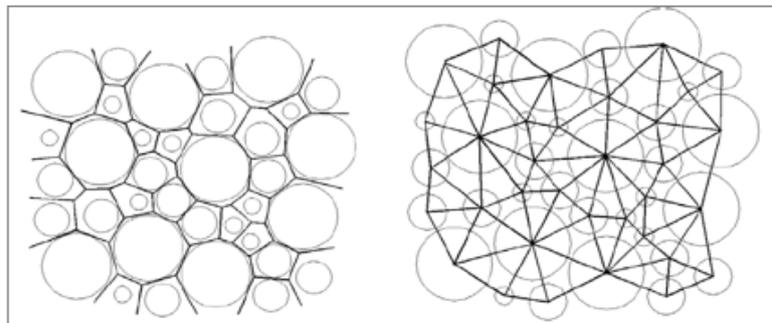


Fig. 21 – Diagramas de Voronoi [39].

La ventaja de este método es que proporciona una adecuada representación de la geometría celular aleatoria de las espumas a una escala que incluya un gran número de celdas, pero requiere mucho tiempo de cálculo computacional y el desarrollo de un robusto algoritmo para representar de forma realista dichas celdas.

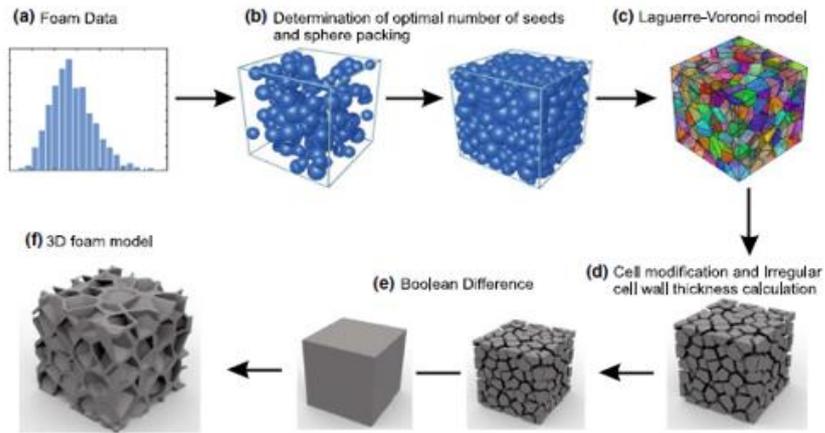


Fig. 22 - Desarrollo de la celda mediante algoritmos [37].

Para continuar con el desarrollo del modelo por medio del diagrama de particiones de Voronoi, se ha decidido utilizar Grasshopper el cual es un plug-in que corre dentro de la aplicación CAD Rhinoceros 3D. Este software utiliza un lenguaje de programación visual para el diseño de algoritmos generativos que permiten manipular y crear geometrías. Además, cuenta con un comando que se centra específicamente en el desarrollo de modelos Voronoi, tanto en 2D y 3D.

En una primera aproximación para obtener el modelo de la espuma en 2D dentro del software Rhinoceros, es necesario determinar los inputs del algoritmo a generar. Se ha tomado como entrada el tamaño de la muestra, la cantidad de poros y su aleatoriedad, de forma tal, que se pueda determinar el porcentaje de porosidad y por último se fija un rango dentro del cual tienen que estar dichos parámetros. Con las variables mencionadas se genera el algoritmo de Voronoi, a partir del cual se puede precisar el tamaño de los poros y el espesor de las paredes. Se puede observar el algoritmo generado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3**.

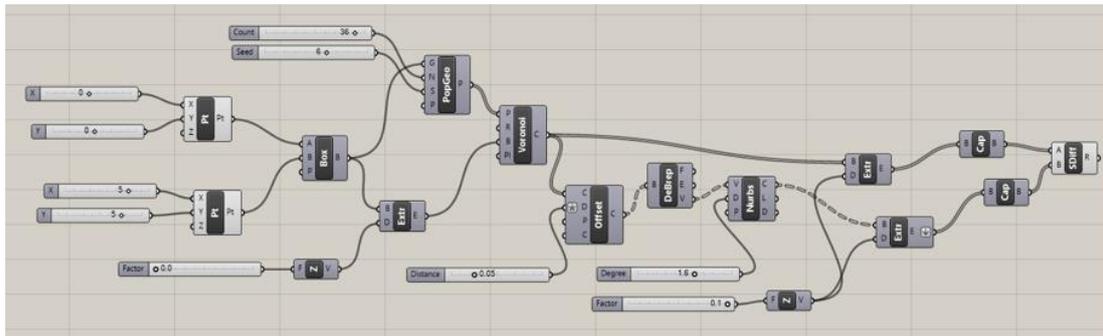


Fig. 23 - Algoritmos generados en Grasshopper para la creación de la geometría.

Luego de dicho desarrollo, se ha propuesto analizar los límites del algoritmo desarrollado, para saber si existe alguna restricción en el modelo desarrollado.

Considerando fijas las variables de entrada, si se modifica el porcentaje de porosidad podemos llegar a dos situaciones particulares **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En el primer escenario se busca el menor porcentaje de porosidad, considerando la variabilidad de los poros, podemos observar que los granos de menor tamaño tienden desaparecer, lo cual genera errores en el modelado. En el segundo caso al aumentar el porcentaje de porosidad, se produce un error en el modelo ya que los espesores tienden a desaparecer. Dado que el modelo sobre el cual estaremos trabajando no se aproxima a los límites que presenta el algoritmo seguiremos con su desarrollo.

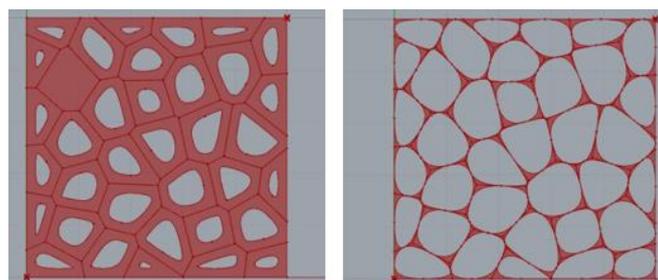


Fig. 24 - Límites del algoritmo.

A continuación, se muestra una comparación cualitativa del modelo propuesto con diferentes espumas para saber si el mismo es capaz de reproducir la variabilidad que las caracteriza.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5** se puede observar la comparación entre el modelo generado y una espuma de baja densidad relativa. Para realizar la comparación se tuvo en cuenta el tamaño de la muestra, espesor de las paredes, la cantidad de poros y su tamaño.

En la imagen se puede observar que el algoritmo no llega a captar totalmente la variabilidad propia de una espuma de baja densidad y que tiende a representarla de forma más homogénea.

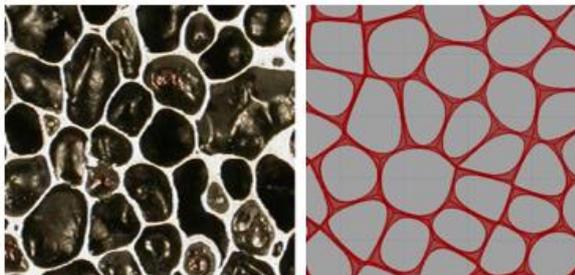


Fig. 25 - Comparación del modelo con una espuma de aluminio de baja densidad relativa.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el modelo planteado es modificado para que pueda adaptarse a la estructura de una espuma de mayor densidad que la anterior, siendo posible cambiar sus características para que los poros sean más homogéneos, de menor tamaño y aumente el espesor de las paredes.

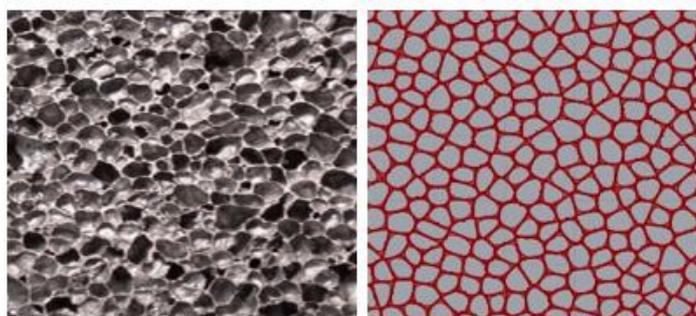


Fig. 26 - Comparación del modelo con una espuma de aluminio de baja densidad relativa.

Aunque el modelo logre captar la aleatoriedad intrínseca de las espumas, el algoritmo tiende a reproducir modelos homogéneos. Por ende, se concluye que no es capaz de generar espumas con densidades relativas muy bajas. Es decir, las espumas modeladas presentan un menor rango de variación de los tamaños de poro.

Dado que, se ha tomado como hipótesis para este proyecto la finalidad de generar una espuma homogénea, se concluye que el algoritmo es capaz de desarrollar modelos que se aproximen a la estructura planteada.

Una vez obtenido el modelo en 2D, se ha procedido con el desarrollo de la espuma en 3D. El mecanismo de modelado es muy similar al 2D, siendo necesario determinar los inputs adicionales del algoritmo a generar. Se toman como entradas el tamaño de la muestra, la cantidad de poros y su aleatoriedad, fijando un rango dentro del cual tienen que estar dichos parámetros. Con las variables mencionadas se genera el algoritmo de Voronoi.

Al trabajar con una tercera dimensión es necesario crear en paralelo otra geometría del mismo tamaño de la muestra y superponerla con el algoritmo para que se pueda hacer una diferencia de sólidos y así generar la espuma.

Por último, se refina el modelo para aportar una variación al espesor de las paredes, permitiendo que la geometría tenga una mejor aproximación a la estructura real de una espuma. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar de forma gráfica los pasos que va desarrollando el algoritmo y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentra el modelo 3D terminado.

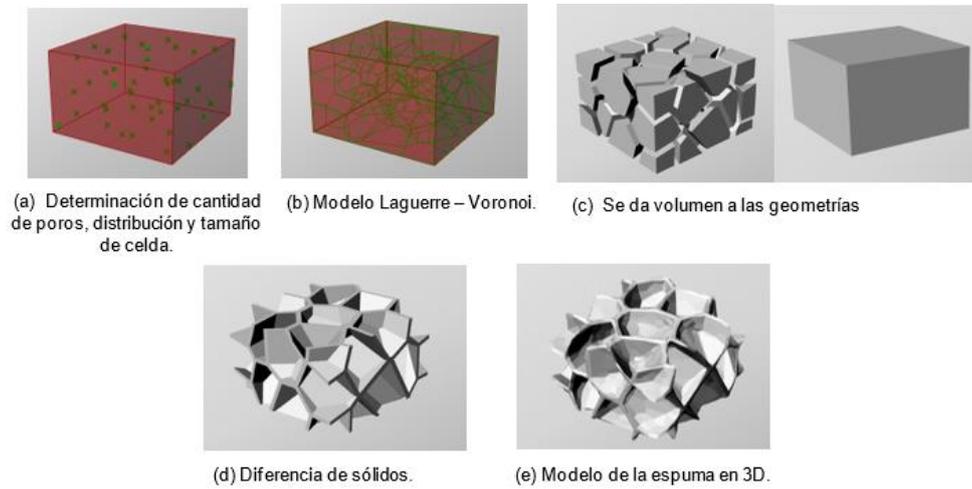


Fig. 27 - Desarrollo del algoritmo para el modelado de la espuma 3D en Rhinoceros.

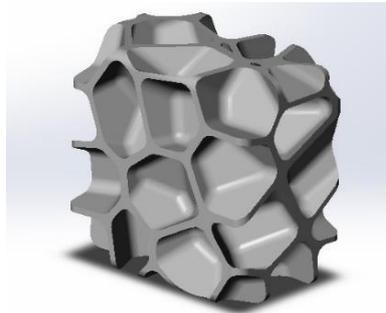


Fig. 28 - Modelo 3D de la espuma obtenida.

2.5 SIMULACIÓN DE ESPUMAS DE ALUMINIO

Obtenido el modelo 3D más semejante a la realidad, se ha proseguido con la simulación mediante el uso del software Ansys Workbench para evaluar el comportamiento de las espumas metálicas.

Para la modelización, se consideró los materiales preseleccionados en [14], los cuales son las aleaciones de aluminio 2024, 5052 y 6061. A modo de presentación preliminar, se muestra en la tabla 1 (y en lo que sigue del paper) las propiedades de y los resultados obtenidos considerando la aleación AL 6061 recocido

Tabla 37 – Propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio 6061 en estado recocido [40,28,41].

	6061
Módulo de Young – E [MPa]	68900
Módulo de rigidez – G [MPa]	26000
Coefficiente de Poisson – ν	0,33
Densidad – ρ [kg/m ³]	2700
Límite elástico – $\sigma_{0,2}$ [MPa]	55
Tensión máxima – $\sigma_{\text{máx}}$ [MPa]	124
Deformación – ϵ [%]	25

Inicialmente se simuló modelos de malla metálica en 2D (ver Figura 29).

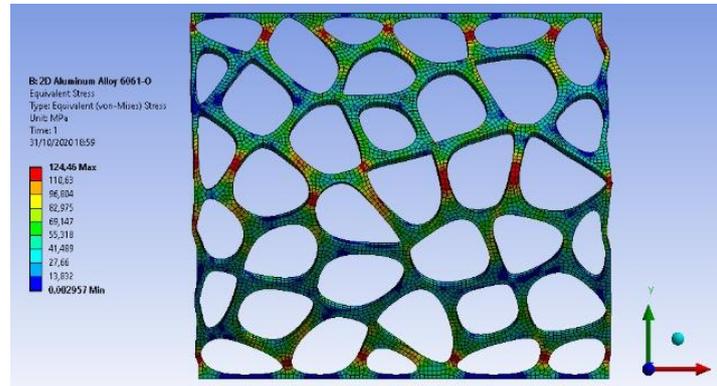


Fig. 29 – Tensiones locales equivalentes de Von Mises de la espuma de aleación 6061-O tras una compresión de 7mm.

De lo obtenido se observa que para que la simulación de una sección en dos dimensiones sea representativa debería definirse una tercera dimensión ampliamente mayor en magnitud. Si se opta por adoptar esta configuración, se pierde entonces la geometría porosa, pasando a ser una barra con distintos perfiles de orificios que la atraviesan en su longitud.

Por lo expuesto, una vez analizada la malla en dos dimensiones y descartada como representativa, se ha procedido al análisis en tres dimensiones. Con este fin, se ha importado el modelo 3D de la espuma, de 20mm de ancho, 20mm de alto y 13mm de profundidad (ver **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 28). Se ha aplicado un desplazamiento en la dirección vertical hasta una deformación global del 14%, preestablecida arbitrariamente. Se han considerado condiciones de borde de continuidad,

En la figura 30 se observa la deformación total del cuerpo luego de la compresión aplicada (a), la distribución de las tensiones sufridas (b) y el error estructural (c), con el cual se evidenciar un correcto mallado.

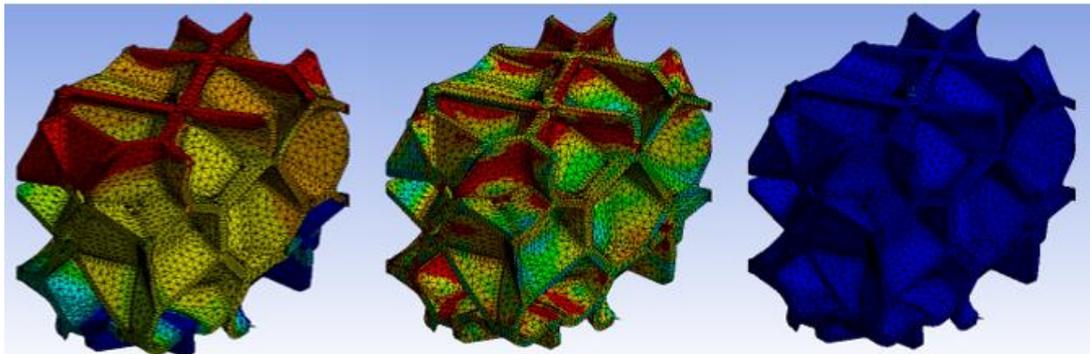


Fig. 30 - Resultados de la simulación a compresión de una espuma de aleación de aluminio 6061-O: (a) deformación; (b) tensión equivalente; (c) error estructural.

Con los datos obtenidos se ha graficado la curva tensión-deformación de la espuma simulada bajo cargas de compresión. En la Figura 31 se observa la comparación entre la curva obtenida por la simulación y la curva de la espuma comercial obtenida por el método Alphas (ver Figura 13), en base a lo observado se verifica que los parámetros utilizados brindan resultados esperados. No obstante, los resultados obtenidos continúan siendo analizados, por lo que la curva obtenida es preliminar y cualitativa.

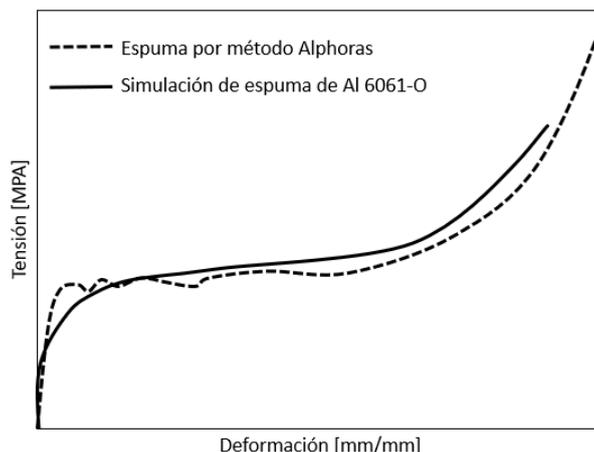


Fig. 31 – Curva tensión-deformación de una espuma de aleación de aluminio 6061-O con cantos suavizados.

3. CONCLUSIONES

En relación al análisis de literatura disponible se concluye que los modelos de celda unitaria y los elementos tipo “Shell”, son más simples, pero presentan importantes limitaciones en cuanto a su representatividad (en especial el primero). Por ende, se concluye que las mismas pueden dar lugar a interpretaciones erróneas sobre las prestaciones estructurales de las espumas.

En cuanto al algoritmo desarrollado, el mismo logra captar la aleatoriedad intrínseca de las espumas, pero tiende a reproducir modelos homogéneos, de forma tal, no es capaz de generar espumas con densidades relativas muy bajas. Parte del trabajo a futuro se ha planteado en optimizar dicho algoritmo con el fin de que sea más robusto.

En lo referente a las simulaciones llevadas a cabo, se ha podido verificar que el método de elementos finitos mediante un software es funcional a la resolución de espumas metálicas de aluminio sometidas a compresión. En este contexto, se ha demostrado que considerando como input la curva de tensión–deformación del material base y el modelo de espuma desarrollado, se obtiene una nueva curva con comportamiento similar a esta última.

Cabe destacar que este desarrollo aún está “ongoing” y, por lo tanto, si bien la comparación realizada cualitativamente es prometedora, un análisis más profundo de los resultados obtenidos y su comparación con ensayos dedicados queda aún pendiente. Luego se procederá a recrear la sección de la estructura del aspa propuesta en este marco de investigación.

4. REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas, Asamblea General. (2011). *Energía Sostenible para todos*. Disponible en: www.seforall.org.
- [2] Organización de las Naciones Unidas. (1997). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Kioto, Japón.
- [3] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kioto. (2009). *Status of Ratification*. Kioto, Japón.
- [4] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2015). *Acuerdo de París*. París, Francia.
- [5] Programa de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Nueva York, EEUU.
- [6] Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Energía Asequible, Segura, Sostenible y Moderna para todos*. Nueva York, EEUU.
- [7] Boletín Oficial de la República Argentina. (1998). *Ley N°25.019, Régimen Nacional de Energía Eólica y solar*. Buenos Aires, Argentina.
- [8] Presidencia de la Nación. (2015). *Objetivos de Gobierno*. Casa Rosada, Buenos Aires, Argentina.
- [9] Iezzi, Marcelo. (2017). *Desarrollo Sostenible: Energías Renovables en Argentina*. PwcArgentina. Argentina.
- [10] Fernández Munguía, Sergio; Noya, Carlos. (2018) *Cuando hablamos de energía eólica el tamaño importa*. Energía Eólica. Diario Renovables. España.
- [11] Standard det Norske VERITAS. *Design and Manufacture of wind turbine blades, offshore and onshore wind turbines*.
- [12] IEC61400-3. Norma de requisitos mínimos de diseño para turbinas eólicas.
- [13] Schubel, Peter J.; Crossley, Richard J. (2012). *Wind Turbine Blade Design*. Open Access Journal, Energies. Basilea, Suiza.
- [14] Cruz Villegas, Liz K; Micone, Nahuel; Pelayo Marcelo. *Tipo de aerogeneradores verticales y sus aplicaciones: energía limpia y Tecnología Inteligente*.

- [16] José Félix Funes Ruiz. (2009). *Análisis simplificado de la respuesta estructural de una pala de aerogenerador*. Proyecto de Fin de Carrera, Ingeniería Industrial, Tecnologías energéticas. Universidad de Madrid, España.
- [17] Villanueva S., Iván; Viniestra H., Fermín A.; Roman R., Carlos. (2010). *Análisis dinámico de palas de un aerogenerador en un túnel del viento*. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- [18] J. F. Rodríguez, Buenestado. (2017). *Análisis y Diseño de un aerogenerador mediante simulación 3D de dinámica*. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [19] J.-F. Funes. (2009). análisis simplificado de la respuesta estructural de una pala de aerogenerador. 91.
- [20] K. Singh; T. T. Thomas; V. Warudkar. (2013). *Structural design of a wind turbine blade: A review*. Int. J. ChemTech Res., vol. 5, no. 5, pp. 2443–2448.
- [21] Zvanik, M.; Hartman, D. (2004). *Wind Turbine Blade Trends and Issues*. SAND2008-24- 25. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- [22] C. E. González; I. H. Arriaga; J. Guadalupe; R. Espino. (2017). *Criterios para el diseño de un banco de pruebas estructurales de aspas de turbinas eólicas de pequeña y mediana potencia*. pp. 180–187.
- [23] D. Giovanni Moraga Ramón. (2016). *Estudio técnico-económico de diseño y desarrollo de una pala de mini aerogenerador fabricada con material compuesto*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [24] Griffin, D.A. (2008). *Blade Design with Engineered Cores Materials*. SAND2008-12-14. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- [25] J. M. Jarillo. (2009). *Modelización del comportamiento mecánico de una espuma metálica*. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [26] I. A. Irausquín Castro. (2012). *Caracterización mecánica de espumas metálicas y su aplicación en sistemas de absorción de energía*. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [27] Cárcel González B. (2015). *Efectos de la estructura celular sobre el comportamiento mecánico de espumas de aluminio de poro cerrado obtenidas por fusión, aplicación en absorbedores de energía*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [28] *Aluminum Alloys*. <https://www.makeitfrom.com/material-group/Aluminum-Alloy>.
- [29] J. A. Gutiérrez Vázquez; J. Oñoro. (2008). *Espumas de aluminio. Fabricación, propiedades y aplicaciones*. Vol. 44, no. 5, pp. 457–476.
- [30] P. J. Schubel; R. J. Crossley. (2012). *Wind turbine blade design*. Energies, vol. 5, no. 9. MDPI AG, pp. 3425–3449, doi: 10.3390/en5093425.
- [31] Gibson y Ashby. (1999). *Cellular Solids-Structure and Properties*.
- [32] *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM HANDBOOK. Vol. 2. ASM International. The Materials Information Company.
- [33] T. Daxner. (2014). *Plasticity of Cellular Metals (Foams)*. In *Plasticity of Pressure-Sensitive Materials*, Berlín: Springer.
- [34] P. Prat. (2006). *Ecuaciones Constitutivas ELASTICIDAD y PLASTICIDAD*.
- [35] J. E. Ing. Marco Belfiore. *Apunte Completo de Resistencia de Materiales*. Ingeniería Civil - UTN BA. Bs. As., Argentina.
- [36] J. A. Gutiérrez Vázquez; J. Oñoro. (2010). *Fabricación y comportamiento de espumas de aluminio con diferente densidad a partir de un precursor AlSi12*. Rev. Metal., vol. 46, no. 3, pp. 274–284, doi: 10.3989/revmetalm.0841.
- [37] H. S. Abdullahi; Y. Liang; S. Gao. (2019). *Predicting the elastic properties of closed-cell aluminum foams: a mesoscopic geometric modeling approach*. SN Appl. Sci., vol. 1, no. 4, doi: 10.1007/s42452-019-0382-y.
- [38] J. Bravo Castellero; R. Guinovart Díaz; G. López; R. Rodríguez; F. Sabina. (2013). *Acerca de la homogeneización y propiedades efectivas de la ecuación del calor*. Visión electrónica, no. 1, pp. 149–159, doi: 10.14483/22484728.4393.
- [39] C. Expósito Rodríguez. (2011). *Generalizaciones de los diagramas de Voronoi*.
- [40] V. Drossou-Agakidou et al. (1998). *ASM HANDBOOK Vol 2 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, vol. 157, no. 7.
- [41] *Atlas of Stress-strain Curves*. (2002).
- [42] Aviation Online Magazine. *Laminated structures*.

Educando desde la energía

Herrero, Lucas; Cortese, Sergio; Riveyro, Matias

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo.
herrerolucas@hotmail.com*

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es explicar cómo desde el PID de eficiencia energética de la UTN, realizado entre los años 2019 y 2020 se trabajó integralmente con los temas desarrollados en distintas materias de la carrera.

Desde desarrollar sistemas de gestión energéticos, relevamiento de instalaciones e implementación de 5S, estas fueron algunas de las herramientas utilizadas para llevar adelante las actividades del presente PID.

Los principales proyectos realizados fueron:

- Eficiencia Energética en UTN Haedo
- Eficiencia Energética en Taller Protegido APACID y Jardines de infantes y Unidad de Gestión Comunitaria N°2 de Morón
- Eficiencia Energética y estudio Lumínico en Club Castelar
- Charlas y capacitaciones dentro y fuera de la Regional
- Guías de diagnóstico y relevamiento
- Charla de Eficiencia Energética y Cambio climático a personal del Municipio de Morón.
- Capacitación de "Auditor Interno en Sistemas de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015" a miembros de equipo del PID y personal de la Municipalidad de Morón.
- Proyecto de iluminación del estacionamiento de FRH con luces fotovoltaicas, en conjunto con la Catedra "Introducción a las energías Renovables"

En cada uno de los informes no solo se realizó un relevamiento tecnológico y se brindó soluciones acordes, sino también se realizaron recomendaciones en base a la tecnología que hoy día son accesibles en el mercado, como así también los costos de obra y periodos de repago (VAR, TIR).

Palabras Claves: capacitación, educación, energía, investigación, desarrollo.

ABSTRACT

The objective of this work is to explain how from the UTN's energy efficiency PID, carried out between 2019 and 2020, we worked integrally with the topics developed in different subjects of the degree. From developing energy management systems, facilities survey and implementation of 5S, these were some of the tools used to carry out the activities of this PID.

The main projects carried out were:

- • Energy efficiency at UTN Haedo
- • Energy Efficiency in APACID Protected Workshop and Kindergartens and Community Management Unit No. 2 of Morón
- • Energy Efficiency and Lighting study at Club Castelar
- • Talks and trainings inside and outside the Regional
- • Diagnostic and survey guides
- • Talk on Energy Efficiency and Climate Change to staff of the Municipality of Morón.
- • Training of "Internal Auditor in Quality Management Systems ISO 9001: 2015" to members of the PID team and staff of the Municipality of Morón.
- • Project for lighting the FRH parking lot with photovoltaic lights, in conjunction with the Chair "Introduction to Renewable Energies"

In each of the reports, not only was a technological survey carried out and consistent solutions were provided, but also recommendations were made based on the technology that is currently accessible in the market, as well as work costs and repayment periods (VAR, TIR).

Keywords: training, education, energy, research, development.

1. INTRODUCCIÓN

Siempre se buscan distintos métodos para llevar a cabo en la práctica los distintos contenidos teóricos que se desarrollan en las distintas materias, de allí surge la metodología de trabajo que se llevó adelante en el PID de Eficiencia energética en instalaciones eléctricas y sistemas de climatización en edificios de uso público (Código del Proyecto: ENIANHA0005440) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, Departamento de Ingeniería Industrial.

Para que el Ingeniero Industrial esté a la altura para alcanzar la transformación social-económica e industrial sustentable que nos permitirá alcanzar no solo las metas de desarrollo sostenible a 2030 y 2050, sino también los desafíos constantes que nos pone la actualidad, es fundamental reconocer la necesidad de un cambio tecnológico y metodológico para aumentar su capacidad de impactar positivamente los procesos productivos, como una componente esencial para la mejora de la competitividad y el desarrollo socioeconómico.

Es solo una opinión de autor, que los procesos de cambio tecnológico deben ser enfocados a la obtención y el mejoramiento de las capacidades tecnológicas más que a la producción de innovaciones en la frontera de la tecnología; se hace referencia al aprendizaje de la utilización, adaptación y perfeccionamiento de tecnologías ya existentes en el contexto global

Este proceso, no solo involucra a mejorar las capacidades tecnológicas, sino también saber articular entre empresa, estado y el sistema académico. Este último como formador de recurso humano, técnico, profesional y de investigación. Y se enfatiza en la investigación, se logra con la constante práctica que se logra generando dentro del ámbito académico actividades y equipos de trabajo que desarrollen capacidades tanto en lo individual como en lo grupal.

Si tomamos lo expresado en CEPAL, las capacidades tecnológicas se pueden analizar desde tres dimensiones:

- La base disponible: Recursos humanos, infraestructura tecnológica e industrial.
- Educación y capacidades de desarrollo.
- Los resultados: Esto lo podemos tomar también como patentes, tasa de innovación y/o transferencia de tecnología.

Por lo tanto, los “formadores de ingenieros”, tenemos la gran responsabilidad como docentes de liderar los procesos de cambio tecnológico necesarios para el desarrollo en el contexto presente del país, ya que es somos el puente entre la sociedad y técnica, la ciencia y la tecnología aplicada, la tecnología y la innovación

Pero hoy día tenemos una compleja estructura realidad económica, cultural, tecnológica, y social que nos pone en constantes desafíos en la educación en ingeniería.

Si bien podríamos decir que esto genera que se requieran cambios importantes, como nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje, planes de estudios actualizados, mayor conexión entre los sistemas educativo y productivo, tenemos que empezar a realizar dinámicas que permitan, tal vez en menor escala, lograr un impacto en el uso de metodologías de investigación e innovación. Podríamos decir que esto es vital para lograr profesionales innovadores y transformadores de realidades, en lugar de ingenieros manipuladores de información.

2. METODOLOGIA Y ALCANCE DEL TRABAJO.

La metodología de trabajo utilizada en el PID fue encararlo y planificarlo como si fuera una empresa de servicios. Armando a los equipos de trabajo, capacitándolos, dándoles herramientas de diagnóstico y relevamiento, y trabajando en proyectos ya fueran con entes privados como con instituciones municipales.

El mismo consistía en:

- Director: Cortese, Sergio Alejandro
- Co-Director: Herrero, Lucas Damián
- Docentes de apoyo: Riveyro, Matías Damián y Martínez, Virginia
- Alumnos: Miranda, Eliana; Cancelare, Selene; Cappuccio, Guadalupe; Cinelli, Federico; Morales Pieruzzini, Manuel; Suarez Reyes, Javier; Bernareggi, Luis; González, Gregorio; Gimenez, Elias Nicolas; Romano, Santiago; Yamil, Hugo; Pulli, Sebastian; Martin, Emmanuel

Como primera fase del proyecto, y ya teniendo en claro los objetivos del PID en los años 2019 y 2020, se dio capacitación de ISO 50.001 y Auditor Interno en Sistemas de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015, a los alumnos participantes, para después en conjunto realizar una guía de

relevamiento para los sucesivos trabajos, siendo esta su principal guía a la hora de llevar adelante los trabajos.

La guía consta de preguntas simples, que nos permitió homogeneizar los relevamientos, estandarizar los informes, y trabajar en conjunto para lograr un mayor abanico de soluciones adaptadas a las necesidades, presupuestadas y con un plan de acción definido para llevar adelante estas modificaciones tecnológicas. Cabe destacar que el alcance de nuestro trabajo llegaba hasta la elaboración del informe.

2.1. Guía de relevamiento

Sistemas de ventilación

- ¿Se presentan fugas en los ductos de aire?
- ¿Encuentra rodamientos en mal estado, ocasionando resistencia mecánica en el mecanismo de transmisión de potencia?
- ¿La transmisión de potencia es la más adecuada del motor al ventilador?, ¿Las condiciones de espacio en sitio permiten acoples directos para reemplazar las correas?
- ¿El sistema de ventilación contiene dampers u otros reguladores de flujo de aire?
- ¿La succión de aire del ventilador se encuentra con obstáculos a sus alrededores que impidan el normal flujo de aire hacia el equipo de ventilación?

Sistemas aire comprimido

- ¿Se presentan fugas de aire en el sistema de aire comprimido en conectores y juntas como mangueras flexibles, etc.?
- ¿La captación de aire del compresor se encuentra en un ambiente a altas temperaturas?
- ¿Se presentan zonas de baja demanda sin implementación de dispositivos reguladores donde no se requiere la presión total del sistema?
- ¿Se presenta uso inadecuado del aire comprimido: ¿soplado, inyección de aire, aspirado, atomización, etc.?

Sistemas de bombeo

- ¿Se presentan tuberías con incrustaciones en el interior, o se transportan sólidos mezclados con líquidos generando estas sedimentaciones?
- ¿Existen fugas en la bomba y en la red del sistema de bombeo?
- ¿El sistema de bombeo puede operar con caudal variable?
- ¿Conoce la eficiencia actual de su unidad de bombeo?
- ¿Conoce el estado interno de su unidad de bombeo, impulsor, eje, carcasa, etc.?

Motores

- ¿Existen motores de eficiencia estándar en la empresa?
- ¿Existen correas estándar (tipo V) instaladas en los equipos asociados a motores?
- ¿Existen motores operando en vacío? u operando sin ninguna carga específica.
- ¿Existen en la empresa variadores de velocidad en algún proceso?
- ¿Existen motores sobredimensionados? Para conocerlos se debe realizar un análisis de la carga del motor, con el fin de determinar si la potencia del motor es la necesaria o está sobredimensionada.
- ¿Está la tensión de alimentación de los motores balanceada?
- ¿Es mejor un motor grande o varios motores pequeños?
- ¿Es posible reagrupar las líneas de proceso, con el fin de eliminar el transporte de materiales?
- ¿Se encuentra el motor en buen estado de mantenimiento?
- ¿Ha sido el motor rebobinado? ¿Cuántas veces?
- ¿El proceso es necesario que sea motorizado? ¿Puede hacerse manualmente la labor?

Iluminación

- ¿Están los niveles de iluminación en los límites permitidos?
- ¿Es la luminaria adecuada para dirigir la luz donde es requerida?
- ¿Es la reflexión de la luz buena?
- ¿Es el color el adecuado para la tarea?
- ¿Se han tenido en cuenta posibles incrementos de capacidad en el sistema?

- ¿Se encuentra la luminaria ubicada muy arriba o muy abajo?
- ¿Se está haciendo buen uso de la iluminación natural?
- ¿Se pueden organizar los grupos de trabajo o las máquinas, de acuerdo a los niveles de iluminación requeridos?
- ¿Son las luminarias apagadas cuando no hay personal en el recinto?
- ¿Están los circuitos de luces bien distribuidos?
- ¿Existen responsables de apagar las luminarias una vez terminadas las labores?
- ¿Las superficies reflejan o absorben la luz?
- ¿Se encuentran las luminarias estratégicamente localizadas?
- ¿Es posible utilizar medios de control automático para encendido y apagado de luces, (sensores de movimiento, fotoceldas)?

2.2. Proyectos

A continuación, se encuentran algunos de los proyectos que se realizaron entre el año 2019 y 2020 en el Proyecto de investigación y desarrollo de Eficiencia energética en instalaciones eléctricas y sistemas de climatización en edificios de uso público en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo.

2.2.1. Asistencia a talleres protegidos – APACID (www.apacid.com.ar)

Un taller protegido es una entidad estatal o privada bajo dependencia de asociaciones, que cuenta con personería jurídica, reconocida como de bien público y sin fines de lucro. Su finalidad principal, es la producción de bienes y servicios, con una planta integrada por personas con discapacidad física y/o mental.

Los objetivos planteados a desarrollar en el transcurso del corriente año, son los siguientes:

- Relevamiento y análisis de las siguientes instalaciones presentes en el taller:
 - Iluminación: Diseño (dimensionamiento, luminarias, etc.)
 - Refrigeración: Diseño (dimensionamiento espacios y equipos, consumo, etc.)
 - Eléctrica: Estado de las instalaciones, consumo.
- Relevamiento y análisis de los procesos vigentes en el taller. Métodos, ergonomía, etc.
- Elaboración de propuestas de mejora pertinentes a cada relevamiento.

Luego de estos dos años de trabajo en el taller, logramos profundizar los análisis realizados y detectar oportunidades de mejora sustanciales, tanto a nivel instalaciones, como a nivel energético, y así también, en los procesos productivos que desarrollan.

Es importante comprender, que, dado el contexto actual, debemos detectar aquellas mejoras simples que tienen mayor incidencia en el incremento de la eficiencia de las instalaciones y procesos en cuestión.

A nivel instalaciones y energético, en relación al área productiva, podemos decir que el taller necesita, aplicar acciones tendientes a la mejora de los procesos de manera global, comenzando con la metodología de 5S, el establecimiento de procedimientos claros, robustos y concisos sobre las actividades a realizar. Se recomienda programar las operaciones de tal manera que la organización del taller sea armoniosa, disminuyendo los cambios y paradas de producción, dados los niveles de variabilidad bajo los cuales trabaja.

Cabe destacar, que el trabajo debe realizarse al ritmo de cada trabajador, dado que precisan de determinados descansos, marcados por ellos mismos. Por tal motivo, y teniendo en cuenta que hablamos de operadores cuyas competencias son diversas, los procesos deben adaptarse a las necesidades del colaborador y no al revés, así como también, realizar una programación adecuada de la asignación de tareas.

2.2.2. El relevamiento energético de Facultad Regional Haedo.

El relevamiento energético de Facultad Regional Haedo. para futuras mejoras, consiste en muchas líneas de acción, las mismas son:

- Iluminación del estacionamiento con Luces Fotovoltaicas: las mismas ya fueron calculadas y seleccionadas. Se investigó cuáles eran las mejores del mercado y como se podrían adaptar las posibles alternativas tecnológicas. Esto se realizó en conjunto con la Catedra “Introducción a las energías Renovables”
- Tomando en cuenta los planos brindados por la Facultad Regional Haedo., y toda la información tarifaria, se procedió a un relevamiento energético general, realizado con el

departamento de mantenimiento de la facultad, actividad que fue de gran ayuda para ver el estado eléctrico del edificio.

Se relevaron los tres pisos y el subsuelo de ambas alas del edificio, en los cuales se tomaron todos los equipos que hay, con su potencia y datos técnicos, se realizaron diversas capacitaciones al equipo en cuanto a metodologías y procedimientos de relevamientos, como también de seguridad eléctrica.

También se procedió a hacer distintas mediciones de consumo en cada uno de los tableros seccionadores del edificio.

Se realizó un informe de relevamiento final de instalaciones eléctricas y consumos, tanto teóricas como reales, como así también recomendaciones para ahorro energético.

2.2.3. Jardines municipales y Unidad de Gestión Comunitaria N°2 de Morón

Como primera medida se dio capacitaciones de Eficiencia Energética a personal del Municipio de Morón, para así no solo estandarizar conocimientos, sino también para que comprendan los informes que entregaríamos luego de los relevamientos.

La estructura a seguir fue la siguiente:

- Primero, un análisis del contexto en el que se desarrolla el jardín.
- Posteriormente, un detalle de las instalaciones del edificio desde un enfoque más visual o cualitativo en cuanto a situación estructural, de mantenimiento, orden o distribución de los distintos equipos y objetos de cada área del establecimiento. Este análisis estará dividido en interior y exterior.
- Otro, desde un punto de vista más cuantitativo, en relación a los consumos de los equipos, su factor de simultaneidad y características energéticas de los mismos, por sector.
- Finalmente, se desarrollan mejoras posibles de dos tipos: las primeras, de inversión nula o muy pequeña, que se centran en la disminución de riesgos para niños, docentes y personal; las segundas, de inversión más importante, centradas en la disminución de los costos energéticos que consume el jardín.

2.2.4. Eficiencia Energética y estudio Lumínico en Club Castelar

Primeramente, se realizó un estudio lumínico en base al Método de cuadrículas según Resolución SRT 84/2012, tomando en cuenta que, al momento de la realización, el cielo se encontraba nublado (ambos días), el viento era 20km/h - 25km/h sin dirección definida, la temperatura era de 22°C - 16 °C y la humedad relativa ambiente era de 82 % - 85 %; realizándose no solo este relevamiento, sino también recomendaciones para cada sector medido.

En este relevamiento no solo analizamos la luz, sino también el uso de la misma, ya que detectamos los tableros no estaban sectorizados, generando así un ineficiente consumo de la energía.

3. CONCLUSIONES.

Se pudo lograr que el alumnado participante del Proyecto de investigación y desarrollo de Eficiencia energética en instalaciones eléctricas y sistemas de climatización en edificios de uso público en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo; generará informes, estudios y recomendaciones acordes no solo a los estándares esperados por la industria, sino también acercamos la eficiencia energética a instituciones que nunca habían tenido un relevamiento de estas características.

Podríamos decir que “acercamos” la ingeniería a la gente, pero lo que hicimos fue generar metodologías de trabajo versátiles, que se adaptaron a las necesidades, usuarios y contexto. Esto se logró porque no solo se analizaron las necesidades originadas por el contexto en que se va desarrollando la enseñanza metodológica del PID, sino también enseñamos a que estas metodologías se adapten al contexto y cliente.

Esto se logró no solo generando objetivos formativos que se integran en las competencias generales y específicas de las asignaturas de la carrera, sino también tomando en cuenta cuatro premisas;

- Acercamiento de los contenidos teóricos a la realidad, reforzando los mismos con casos reales.
- Estudio de metodologías reales y adaptando estas al contexto y capacidades.

- Desarrollo de las siguientes capacidades: resolución de problemas, organización y planificación, aplicación de los conocimientos en la práctica, trabajo en equipo, análisis y síntesis, y razonamiento crítico.
- Potenciación de la motivación profesional y desarrollo de la ética profesional.

Esto logró no solo un compromiso del alumnado en el resultado de los relevamientos y la calidad de los informes, sino que eran ellos mismos que proponían proyectos y metodologías de estudio. Las planificaciones de los trabajos eran consensuadas y rara vez se veía un atraso en los hitos de trabajo.

Optimización topológica en el diseño mecánico

Mina, Hector*; Ing. Bailo, Alejandro; Ing. Giordano, Emanuel

**UTN Facultad Regional San Francisco (Córdoba)*

Avenida de la Universidad 501-2400 San Francisco (Córdoba) hector.omar.mina@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta una implementación de la técnica de optimización topológica (OT) aplicada al diseño de elementos mecánicos. La OT es un método numérico que ha captado el interés de ingenieros y científicos en los últimos años, pues permite la síntesis de estructuras con valores óptimos de uno o varios de sus parámetros físicos. La reducción de peso en estructuras mecánicas es importante por su impacto en el ahorro de energía al reducir la inercia en máquinas y vehículos, además de la posible reducción de costos de fabricación. El estudio realiza una optimización de la topología no paramétrica de piezas, a partir de un espacio de diseño, considerando todas las cargas, sujeciones y restricciones de fabricación aplicadas, buscando una nueva redistribución de materiales dentro de los límites máximos permitidos. El componente optimizado en este trabajo cumple todos los requisitos mecánicos y de fabricación requeridos. Se comienza con el objetivo de mayor rigidez por unidad de peso para obtener una forma inicial de dicho componente. Además del objetivo de optimización, se puede definir restricciones de diseño para asegurarse de que se cumplan las propiedades mecánicas necesarias, tales como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Palabras clave: diseño mecánico, optimización topológica, reducción de peso.

ABSTRACT

This paper presents an implementation of the topological optimization technique (OT) applied to the design of mechanical elements. OT is a numerical method that has captured the interest of engineers and scientists in recent years, since it allows the synthesis of structures with optimal values of one or more of its physical parameters. The reduction of weight in mechanical structures is important for its impact on energy savings by reducing inertia in machines and vehicles, in addition to the possible reduction of manufacturing costs. The study performs an optimization of the non-parametric topology of parts, from a design space, considering all the loads, fasteners and manufacturing restrictions applied, looking for a new redistribution of materials within the maximum limits allowed. The optimized component in this work meets all the required mechanical and manufacturing requirements. It begins with the objective of greater rigidity per unit of weight to obtain an initial form of said component. In addition to the optimization objective, design restrictions can be defined to ensure that the necessary mechanical properties, such as maximum deviation, percentage of mass removed and manufacturing processes, are met.

Keywords: mechanical design, topological optimization, weight reduction

1. INTRODUCCIÓN

Optimización topológica (OT) es un método matemático basado en elementos finitos que se encarga de distribuir la menor cantidad de masa de material dentro de un volumen disponible (dominio) procurando al mismo tiempo la máxima rigidez posible (o mínima flexibilidad) para un determinado estado de carga (condiciones de carga) y restricciones (condiciones de contorno). En un estudio de topología, se puede establecer un objetivo de diseño para encontrar la mayor rigidez al cociente de peso, minimizar la masa o incluso reducir el desplazamiento máximo de un componente. También se puede definir restricciones como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Por ejemplo, cuando se diseña el ala de un avión se desea obtener el menor peso posible, asegurando una rigidez y resistencia adecuadas. El problema de la máxima rigidez con restricción de volumen es de gran importancia en Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Estructuras, pues permite reducir el peso final del elemento mecánico o estructural, conservando su rigidez y funcionalidad. Partes mecánicas de bajo peso implican menores costos por material y menor consumo de combustible en el caso de vehículos de transporte [1]. En general, la reducción de la inercia en partes en movimiento, sea maquinaria o vehículos, disminuye la cantidad de energía necesaria para su operación.

La OT es un campo de investigación de rápido crecimiento, donde intervienen distintas áreas como son las matemáticas, la mecánica y las ciencias computacionales, y que cuenta con importantes aplicaciones prácticas en la industria y en el sector de manufactura. En la actualidad, la OT es usada en las industrias aeroespacial, automotriz, de obras civiles, entre otras.

La Figura 1 muestra una CARCASA DE CAJA DE TRANSFERENCIA AWD con restricciones en las caras cilíndricas y una carga (F) en las caras de empuje. La idea del trabajo es aplicar esta técnica tratando de resolver un problema de máxima rigidez (o mínima flexibilidad) con restricción de volumen, por lo que se plantea el siguiente objetivo:

¿Cuál es la distribución de material que proporciona la máxima rigidez (o mínima flexibilidad) para el estado de carga impuesto y un máximo volumen de material determinado?

En la Figura 1 también se muestra la topología óptima obtenida para el estado de carga mostrado y el volumen final de la estructura igual al 83% del volumen inicial.

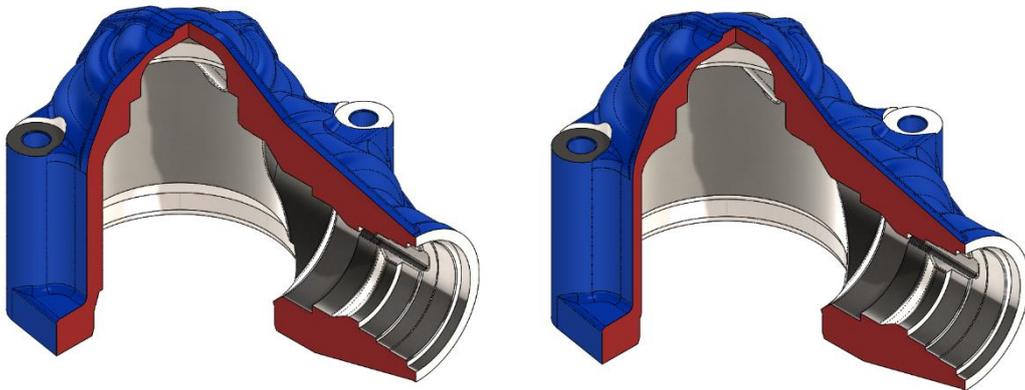


Figura 1: Topología obtenida, volumen inicial y final con el rediseño de la Carcasa de Caja de transferencia AWD (vista seccionada)
Fuente: elaboración propia.

1.1 Reseña histórica

Los principios básicos sobre la teoría de la optimización se sitúan cronológicamente entre los siglos XVII y XVIII [2]:

- Galilei (1638): forma óptima de una viga en voladizo, con una carga puntual en su extremo libre.
- Leibniz (1646-1716): cálculo infinitesimal.
- Lagrange (1736-1813): cálculo de variaciones (valores extremos de una función de funciones). Hamilton (1808-1865): principio de mínima acción.
- Michell (1904): principios fundamentales para el diseño óptimo de barras de peso mínimo.

Entre los años 1940 y 1950 el trabajo fundamentalmente fue analítico. Schmit y Farshi (1974) estuvieron entre los primeros autores que propusieron una declaración comprensiva sobre las técnicas de programación matemática [3]. Durante la década de 1970, la optimización de estructuras disfrutó de una intensiva investigación, pero desgraciadamente fueron pocas las aplicaciones prácticas. Francavilla, Ramakrishnan, y Zienkiewicz (1975) propusieron caracterizar la forma óptima

con el objetivo de minimizar la concentración de tensiones, a través de parámetros geométricos predefinidos [4].

Oda (1977) presentó un estudio donde se obtienen las formas óptimas correspondientes a dos problemas planos introduciendo cambios en algunos elementos finitos preseleccionados [5].

Rodríguez y Sereig (1985) introducen un algoritmo basado en FEA (Finite Elements Analysis) donde la forma óptima se alcanza maximizando el empleo del material [6].

Mattheck y Burkhardt (1990) plantearon un método de optimización basándose en la analogía entre la geometría de la estructura, y el mecanismo de crecimiento del árbol con el objetivo de minimizar las concentraciones de tensiones. Xie y Steven (1993) presentan un método denominado ESO (Evolutionary Structural Optimization), el cual mediante un sencillo proceso iterativo va retirando el material menos eficiente del diseño [7]. Bendsoe y Kikuchi (1993) desarrollaron el método de homogenización en el cual un modelo de material con pequeñas cavidades se introduce en el diseño, resolviendo el problema de diseño óptimo mediante la determinación de la porosidad ideal [8]. En la actualidad, los algoritmos basados en el proceso de la selección natural y evolución biológica (algoritmos evolucionarios) se confirman como la metodología más potente y robusta para el diseño óptimo (Woon, Tong, Querin, y Steven, 2003) [9]. En los sucesivos apartados se elabora una descripción más extensa sobre algunos de estos métodos, así como otras técnicas que establecen el actual marco para la resolución del problema de diseño óptimo en estructuras continuas.

Schmidt, propuso una idea revolucionaria que dio origen a una nueva disciplina: los ingenieros, en general, tratan de diseñar objetos o sistemas de coste mínimo que durante su vida útil deben ser capaces de resistir las solicitaciones máximas que se puedan producir; por tanto, los problemas de diseño (óptimo) podrían plantearse de forma sistemática en términos de problemas de minimización con restricciones, y podrían resolverse mediante técnicas de programación no lineal utilizando ordenadores digitales de alta velocidad. Desde entonces, la optimización de formas y dimensiones en ingeniería estructural se ha planteado habitualmente mediante formulaciones de mínimo peso, con restricciones no lineales impuestas con el fin de limitar los valores admisibles de los campos de desplazamientos y tensiones. Sin embargo, desde que Bendsoe y Kikuchi desarrollaron los conceptos básicos en 1988, los problemas de optimización topológica se han planteado tradicionalmente mediante formulaciones de máxima rigidez [10]. Con este tipo de planteamientos se pretende distribuir una cantidad predeterminada de material en un recinto de forma que se maximice la rigidez (se minimice la energía de deformación) de la pieza resultante para un determinado estado de carga. De esta forma se evita tener que trabajar con numerosas restricciones altamente no lineales, habida cuenta del elevado número de variables de diseño que es consustancial a los problemas de optimización topológica. A cambio, no es posible contemplar múltiples estados de carga, y las formulaciones de máxima rigidez conducen —en principio— a problemas intrínsecamente mal planteados, cuyas soluciones oscilan indefinidamente al refinar la discretización.

2. METODO

Método SIMP para optimización de topología: la optimización de topología es el tipo más común de optimización estructural. Se utiliza en la fase inicial del diseño para predecir la distribución óptima del material dentro de un determinado espacio inicial de una estructura, y tiene en cuenta las especificaciones funcionales y las restricciones de fabricación.

El método matemático más popular para la optimización de topología es el método de material isotrópico sólido con penalización (SIMP- Solid Isotropic Material with Penalty). *Bendsoe y Kikuchi (1988)* y *Rozvany y Zhou (1992)* propusieron inicialmente el método SIMP. El método SIMP predice una distribución óptima del material dentro de un espacio de diseño determinado, para casos de carga determinados, condiciones de contorno, restricciones de fabricación y requisitos de rendimiento. Según *Bendsoe (1989)*: *"la optimización de la forma en su configuración más general debe consistir en una determinación para cada punto del espacio, independientemente de que haya material en ese punto o no"*. El enfoque tradicional para la optimización de topología es la individualización de un dominio en una rejilla de elementos finitos denominados microestructuras sólidas isotrópicas. Cada elemento se rellena con material para regiones que requieren material, o se vacía de material para regiones donde se puede eliminar material (que representa vacíos). La distribución de densidad del material dentro de un dominio de diseño, ρ , es individual, y a cada elemento se le asigna un valor binario:

$\rho_e = 1$, donde se requiere material (negro)

$\rho_e = 0$, donde se elimina material (blanco)

3. IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA

El sistema de ecuaciones lineales que se obtiene en la solución de un problema de elasticidad lineal usando el método de los elementos finitos (MEF) es de la forma:

$$Ku = f \quad (1)$$

Donde u y f , son los desplazamientos y fuerzas externas aplicadas en los nodos, respectivamente. El término K es la matriz de rigidez global, que está dada por la suma coherente (también denominado proceso de ensamble de la matriz global) de las matrices de rigidez de cada elemento

$$K^e = \sum_{i=1}^{N_e} K_i^e \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, N_e \quad (2)$$

Donde N_e es el número total de elementos finitos usados para discretizar el dominio. La matriz de rigidez de cada elemento se obtiene de la siguiente expresión:

$$K^e = \int_{\Omega^e} B^T D B d\Omega \quad (3)$$

Donde D es la matriz de material para el caso de esfuerzo plano [11], B es la matriz de las derivadas de las funciones de forma y Ω representa el dominio de diseño [12].

Como la idea de la OT es distribuir cierta cantidad de material en el dominio, de tal forma que la rigidez sea la máxima posible, se necesita un mecanismo para modelar la presencia o ausencia de material. En este trabajo se usó el modelo de material sólido isotrópico con penalización (SIMP). En este modelo, cada elemento finito tiene asociada una variable llamada pseudodensidad (ρ), que multiplica la matriz de rigidez del elemento de la siguiente manera:

$$\tilde{K}_i^e = \rho_i^p K_i^e \quad (4)$$

Donde ρ es un factor de penalización usado para reducir los valores intermedios de las pseudodensidades. Estas presentan valores entre cero y uno, donde cero representa ausencia total de material y uno representa la presencia del material de base usado en el diseño. Por cuestiones de implementación numérica, las pseudodensidades no pueden tener valores discretos de 0 y 1, sino una variación continua entre estos dos valores.

$$(0 \leq \rho \leq 1) \quad (5)$$

La energía de deformación aumenta a medida que la estructura se deforma, por tanto, el proceso de optimización consiste en hallar el conjunto de valores ρ_j que la minimizan.

Por ejemplo, la imagen muestra un diseño de material optimizado de una viga cargada (Fig. 2). Los elementos sólidos con densidades $\rho_{(e)} = 1$ son de color negro, mientras que los elementos vacíos con $\rho_{(e)} = 0$ se eliminan.

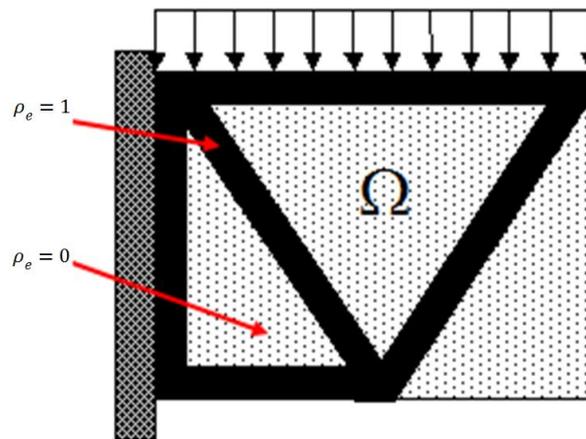


Figura 2: Diseño optimizado de viga cargada

La introducción de una función de distribución de densidad relativa continua evita la naturaleza binaria de activación/desactivación del problema. Para cada elemento, la densidad relativa asignada puede variar entre un valor mínimo ρ_{min} y 1, que permite la asignación de densidades intermedias para los mismos (caracterizados como elementos porosos):

ρ_{min} es el valor de la densidad mínima permitida para los elementos vacíos que son mayores que cero. Este valor de densidad garantiza la estabilidad numérica del análisis de elementos finitos. Dado que la densidad relativa del material puede variar continuamente, el módulo de elasticidad del material en cada elemento también puede variar continuamente. Para cada elemento "e", la relación entre el factor de densidad relativa del material ρ_e y el módulo de elasticidad del modelo de material isotrópico asignado, E_0 se calcula mediante la ley de potencia siguiente (Fig. 3):

$$E(\rho_e) = \rho_e^p E_0 \quad (6)$$

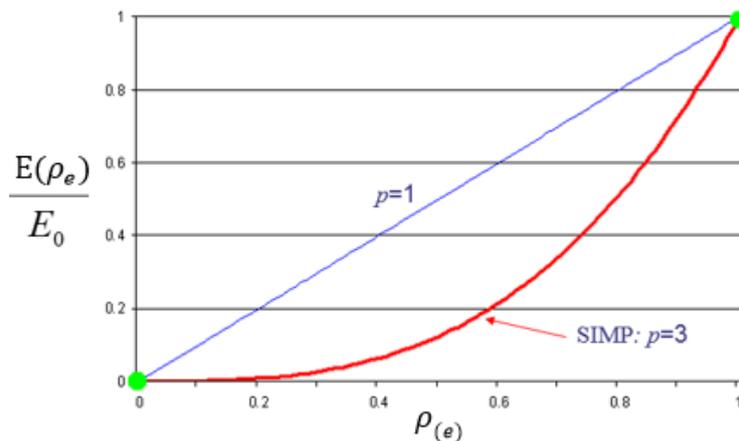


Figura 3: Factor de penalidad p y método SIMP

El factor de penalidad p disminuye la contribución de elementos con densidades intermedias (elementos grises) a la rigidez total. El factor de penalidad dirige la solución de optimización a elementos que son de color negro sólido ($\rho_e = 1$) o blanco vacío ($\rho_e = \rho_{min}$). Los experimentos numéricos indican que un valor de factor de penalidad de $p = 3$ es adecuado.

Una reducción del módulo elástico del material de un elemento conduce a una disminución de la rigidez del elemento. Según el método SIMP, la rigidez global se modula de acuerdo con:

$$K_{SIMP(\rho)} = \sum_{e=1}^N [\rho_{min} + (1 - \rho_{min})\rho_e^p] K_e \tag{7}$$

Donde K_e es la matriz de rigidez del elemento, ρ_{min} representa la densidad relativa mínima, ρ_e es la densidad relativa del elemento, p es el factor de penalidad y N es el número de elementos en el dominio de diseño. Por ejemplo, para un elemento con una densidad relativa asignada $\rho_e = 0.5$, factor de penalidad $p = 3$ y $\rho_{min} = 0.001$, la matriz de rigidez global se escala mediante un factor de $f = (0.001 + (1 - 0.001) * 0.5^3) = 0.12587$.

Un conocido objetivo de optimización es maximizar la rigidez general de una estructura, o minimizar su cumplimiento en una cantidad determinada de eliminación de masa.

El cumplimiento es una medida de la flexibilidad o suavidad general de una estructura, y es el recíproco de la rigidez. El cumplimiento global es igual a la suma del elemento elástico o las energías de deformación. Minimizar el cumplimiento global C , es equivalente a maximizar la rigidez global. El algoritmo de optimización, mediante un proceso iterativo, trata de resolver las densidades de los elementos (que son las variables de diseño de optimización) que minimizan el cumplimiento global de la estructura.

$$\min C(\{\rho\}) = \sum_{e=1}^N (\rho_e)^p [u_e]^T [K_e] [u_e] \tag{8}$$

$[u_e]$ es el vector de desplazamiento nodal del elemento e , $[K_e]$ es la rigidez del elemento e , y el vector $\{\rho\}$ contiene las densidades relativas de los elementos ρ_e .

Durante cada iteración de optimización, se deben cumplir la restricción de masa objetivo, el equilibrio de fuerza-rigidez global y las restricciones funcionales requeridas:

$$\sum_{e=1}^N \{v_e\}^T \rho_e \leq M_{target} \tag{9}$$

Donde v_e es el volumen del elemento y M_{target} es la masa objetivo de la optimización.

$$[K\{\rho\}]\{u\} = \{F\} \tag{10}$$

$[K\{\rho\}]$ es la matriz de rigidez global modulada por el vector de densidades relativas, $\{u\}$ es el vector de desplazamiento, y $\{F\}$ es el vector de fuerza externa.

$$\theta(\{p\}, \{u\})_1 \leq \theta_1^*, \theta(\{p\}, \{u\})_2 \leq \theta_2^*, \dots \tag{11}$$

La fórmula anterior contiene restricciones de respuesta de diseño, como límites en tensiones, desplazamientos, frecuencias propias, etc.

3.1 Análisis de sensibilidad

Durante cada iteración, el algoritmo de optimización realiza un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto que la variación de las densidades del material tiene sobre la función objetivo para

maximizar la rigidez. Matemáticamente, el análisis de sensibilidad se expresa como la derivada de la función objetivo con respecto a las densidades del material:

$$\frac{dc}{d\rho_e} = -p(\rho_e)^{p-1}[u_e]^T[K_e][u_e] \quad (12)$$

Durante un análisis de sensibilidad, los elementos ponderados con factores de baja densidad de material terminan perdiendo su importancia estructural y se eliminan durante iteraciones posteriores. Si calcula la sensibilidad de cada elemento de forma independiente y no tiene en cuenta la conectividad entre los elementos, puede provocar la discontinuidad del material y que los volúmenes se desconecten de la geometría principal. Esto se conoce como efecto de tablero de ajedrez. Para reducir el efecto de tablero de ajedrez, un esquema de filtrado, el cual aplica un radio de influencia al elemento y sitúa la media de las sensibilidades de cada elemento dentro de dicha región de influencia. Las iteraciones de optimización continúan hasta que las variaciones de la función objetivo convergen y las iteraciones alcanzan sus criterios de convergencia.

4. CREACIÓN DE UN ESTUDIO DE TOPOLOGÍA:

Se aplica a un modelo, previamente definido que consiste en una Carcasa de Caja de transferencia AWD. El proceso comprende los siguientes pasos:

- i. **Creación de un Nuevo Estudio.**
- ii. **En la ventana de Percepción de diseño, se elige Estudio de topología (Fig. 4).**
En este ejemplo, se configura un estudio de topología con el objetivo de encontrar la mayor rigidez por unidad de peso de la Carcasa de la Caja de transferencia AWD.
- iii. **Selección de las Propiedades del Estudio:**
Para ello en Opciones (en el cuadro de diálogo Topología), se selecciona el proceso. La creación de un estudio de topología es igual a la de un estudio estático; los materiales, cargas y limitaciones son las mismas pero agrega dos nuevas entradas: los objetivos y restricciones, y los controles de fabricación. El objetivo del estudio de topología puede ser o bien minimizar la masa o el desplazamiento de la pieza o maximizar su rigidez (mejor relación rigidez-peso). Es una buena costumbre comenzar con la mejor opción de relación rigidez-peso (maximizar rigidez). En el caso de que se tenga un desplazamiento máximo de un componente que no desea sobrepasar durante el estudio de topología, utilizar el objetivo para minimizar el desplazamiento máximo o minimizar el peso con la opción de restricción de desplazamiento. Se observará que los tres objetivos siempre minimizan la masa. El último paso en la configuración del estudio consiste en agregar los controles de fabricación. Este paso es opcional y no es necesario para que el estudio se pueda ejecutar, pero permite tener control sobre la forma resultante y tener en cuenta los métodos de fabricación posteriores. Los controles de fabricación son regiones protegidas, de modo que se podrá excluir áreas del modelo del proceso de topología y del control de espesor, y establecer el grosor mínimo de los componentes además de la simetría del modelo y la definición de la dirección de desmoldeo, que es una restricción de fundición. Para la Configuración de región conservada (bloqueada), debemos seleccionar Regiones con cargas y sujeciones (Fig. 5). Esto nos sirve para que todas las regiones donde hemos definido cargas y sujeciones se conserven de forma predeterminada, es decir, no se hará optimización de estas caras conservadas.

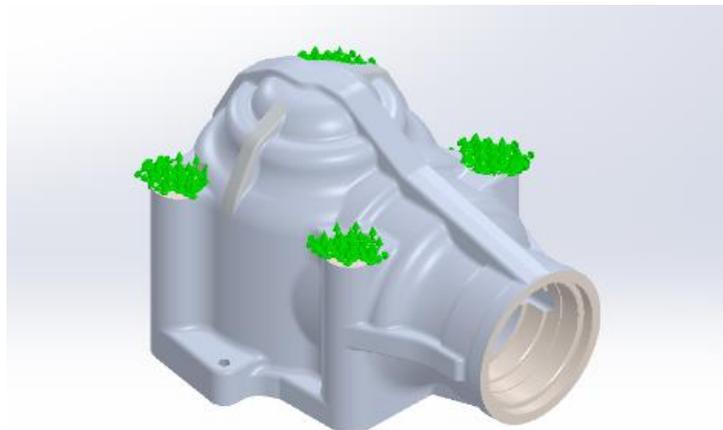


Figura 4: Estudio de Topología de la Carcasa de transferencia AWD

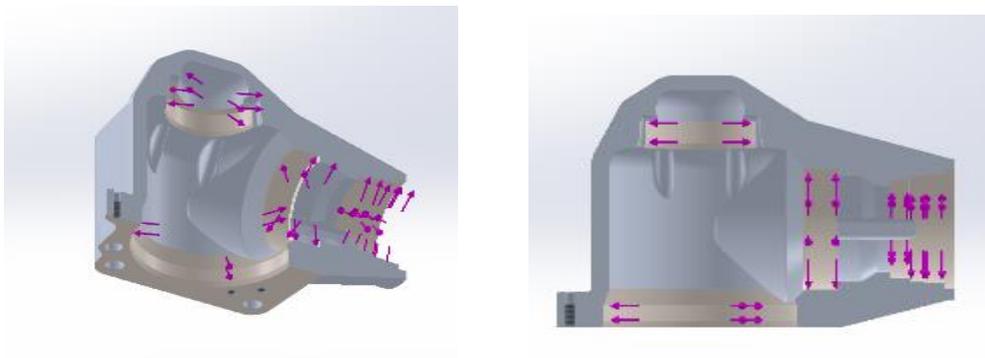


Figura 5: Cargas y sujeciones de la Carcasa de transferencia AWD

iv. **Definición el material (Material: Aluminio AS10G), las sujeciones y las cargas externas**

En el gestor de estudio de topología, en Objetivos y restricciones elegimos la opción de mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado) (Fig. 6).

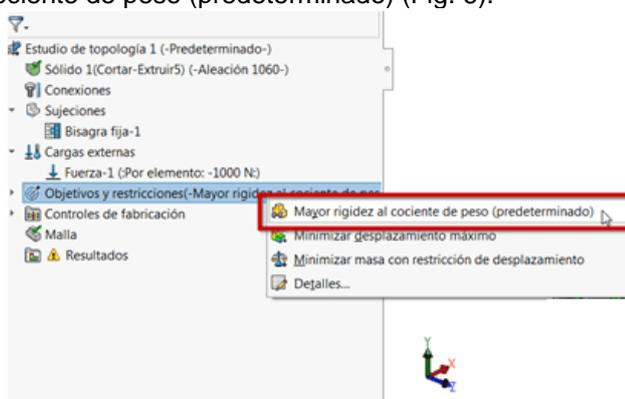


Figura 6: Objetivos y restricciones – mayor rigidez por unidad de peso

Se disponen 3 objetivos, los cuales son:

- **Mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado)** – Cuando se selecciona Mayor rigidez al cociente de peso, el algoritmo trata de minimizar el cumplimiento global del modelo, que es una medida de la flexibilidad general (recíproco de la rigidez). El cumplimiento viene definido por la suma de energía de todos los elementos.
- **Minimizar desplazamiento máximo** – La optimización proporciona el diseño más rígido que pesa menos que el diseño inicial y minimiza el desplazamiento máximo observado.
- **Minimizar masa con restricciones de desplazamiento** – El algoritmo busca reducir la masa de un componente mientras se restringe el desplazamiento

v. **En la ventana de Objetivos y Restricciones, vamos a reducir el porcentaje de masa (Fig. 7).**

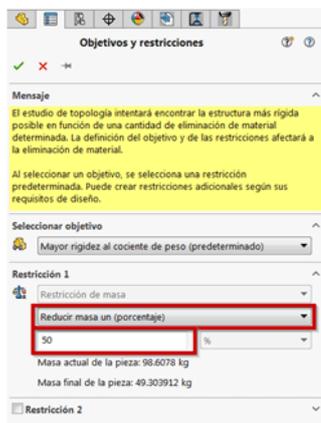


Figura 7: Reducción del porcentaje de masa

En la primera restricción, para Reducir masa un (porcentaje), definimos 50 (%) como Valor de restricción.

Nota: Las restricciones limitan las soluciones de espacio de diseño, se puede definir hasta dos restricciones para un único objetivo. Se dispone de 2 tipos de restricciones, a saber: Restricción de masa – El algoritmo de optimización intentará alcanzar la reducción de masa objetiva para la forma final mediante un proceso iterativo.

Restricción de desplazamiento – Establece el límite superior para el componente de desplazamiento seleccionado.

vi. En el gestor de estudio de topología, se elige Controles de fabricación y se agrega región conservada (Fig. 8 y 9).

En Región conservada agregamos todas aquellas caras que necesitamos conservar (la ventana ofrece la posibilidad de dar un valor de profundidad a esa región conservada).

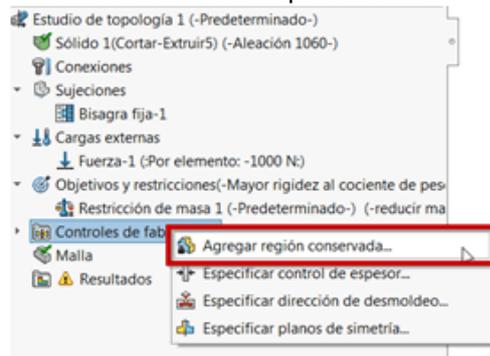


Figura 8: Cuadro de diálogo región conservada

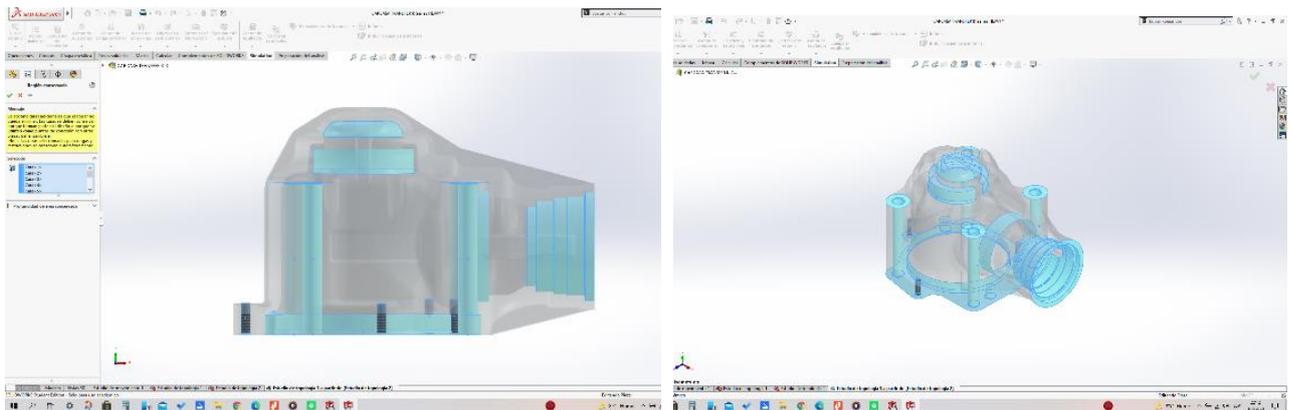


Figura 9: Selección de región conservada interior, brida y nervios estructurales

Nota: Las restricciones de fabricación garantizan que se pueda extraer la forma optimizada de un molde o que pueda estamparse con una herramienta o un troquel.

Se dispone de 4 restricciones:

- Región conservada
- Control de desmoldeo
- Control de simetría
- Control de espesor

vii. Malla el modelo (Fig. 10)



Figura 10: Malla del modelo

viii. **Ejecutamos este estudio (Fig. 11).**

El algoritmo de optimización, a través de varias iteraciones, intentará alcanzar la convergencia. Se observa en tiempo real la convergencia tanto del Objetivo (mayor rigidez) como de la Restricción (Masa).

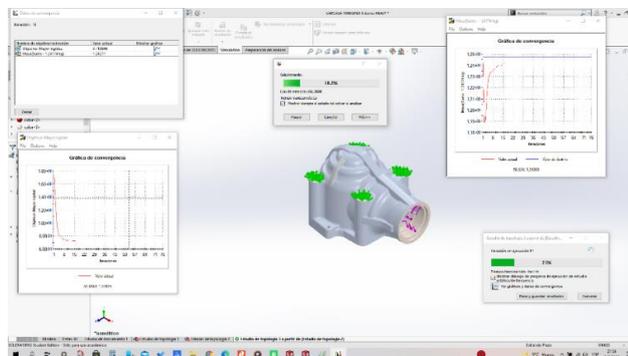


Figura 11: Convergencia en tiempo real de rigidez como de masa

ix. **Visualización de los resultados (Fig. 12)**

En Resultados, Masa del material muestra iso valores de las densidades de masas relativas de los elementos. Se puede controlar con un deslizador los valores de todos los elementos con densidades de masa relativas superiores a 0,3.

Es posible desplazar el control deslizante del iso valor hacia la derecha para eliminar un poco más la masa de la forma optimizada.

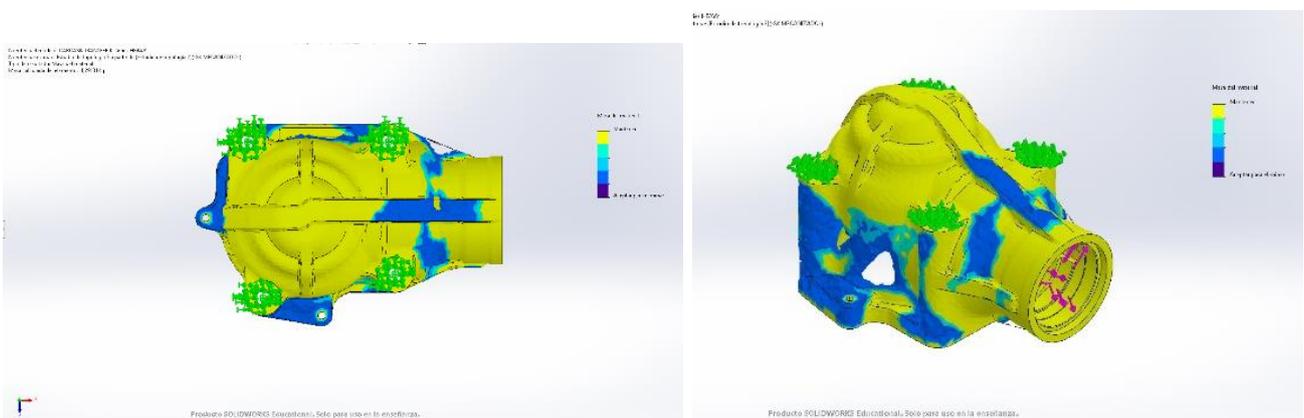


Figura 12 Visualización de isovalores de densidad de masa

x. Cálculo de la malla suavizada (Fig. 13).

El programa crea superficies lisas de la forma optimizada, suaviza al máximo y asigna un color único.

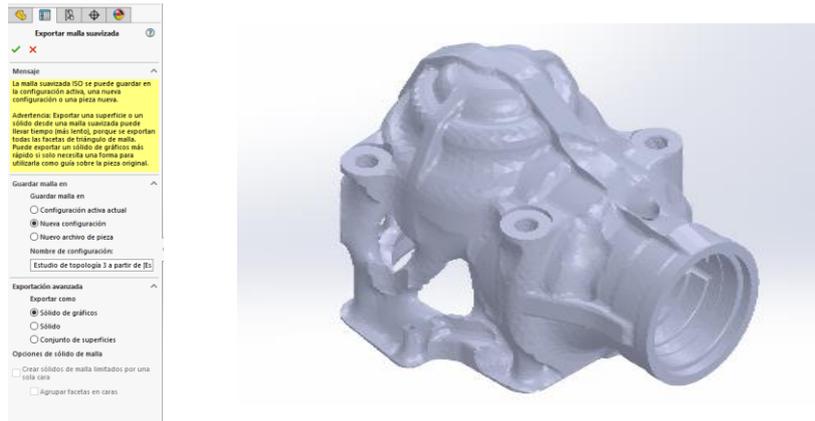


Figura 13: Cálculo de la malla suavizada

xi. Ajuste del modelo a la forma optimizada (Fig. 14)

Se puede exportar los datos de malla suavizada de la forma optimizada como nueva geometría.

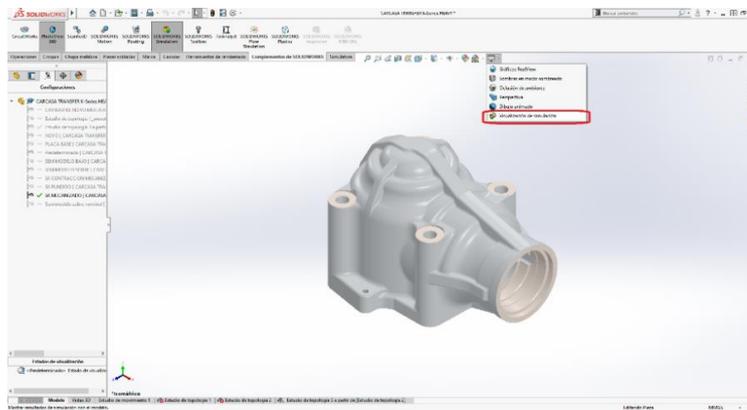


Figura 14: Ajuste del modelo a la forma optimizada

xii. Croquis sobre las caras del modelo y las regiones a sustraer del mismo (Fig. 15).

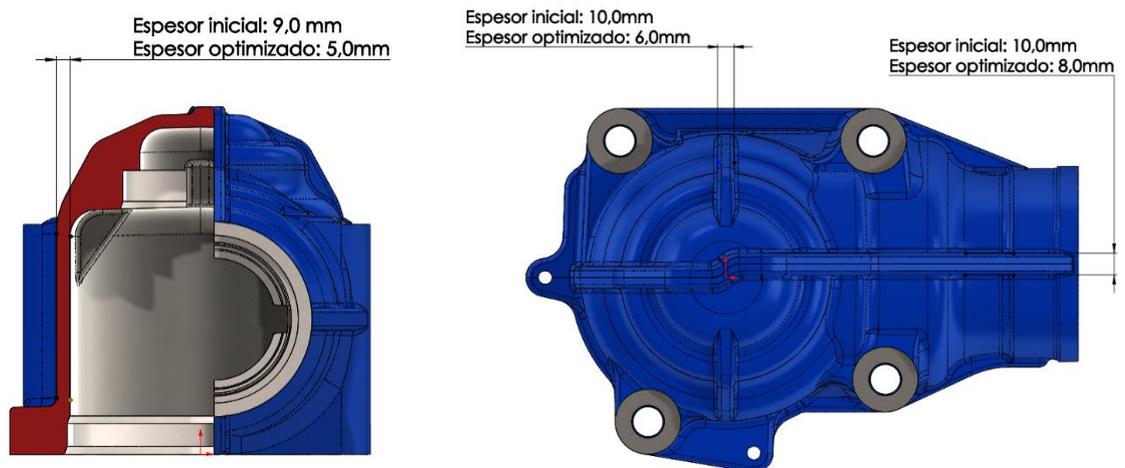


Figura 15: Croquizado de las regiones a sustraer del modelo

xiii. Se oculta nuevamente la visualización de simulación (Fig. 16)

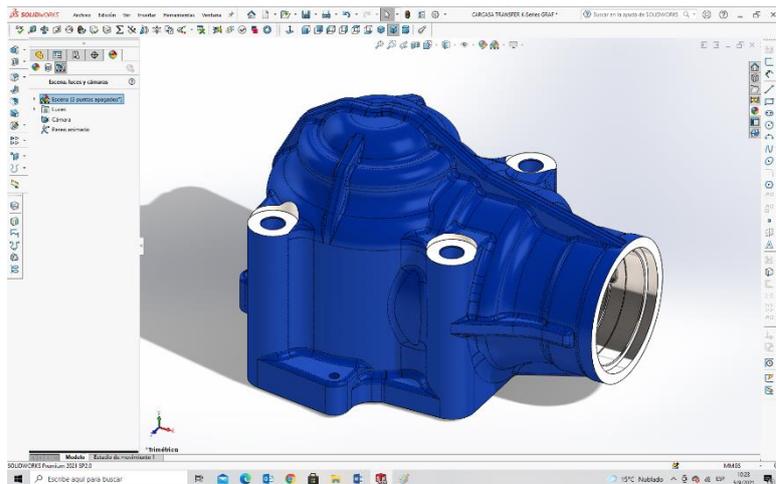


Figura 16: Resultado del rediseño de la Carcasa de transferencia AWD

xiv. Se realiza una comprobación del modelo optimizado (Fig. 17)

Se comprueba el modelo resultante, realizando un Estudio Estático para confirmar que las tensiones están dentro de los límites admisibles.

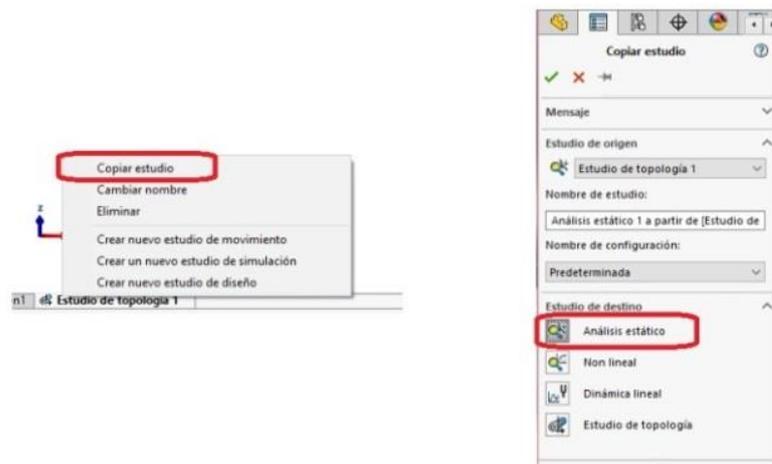


Figura 17: Configuración del análisis estático

xv. Creación de la malla y ejecución el estudio (Fig. 18)

Calculamos y verificamos que, efectivamente, las tensiones no superan el límite elástico del material.

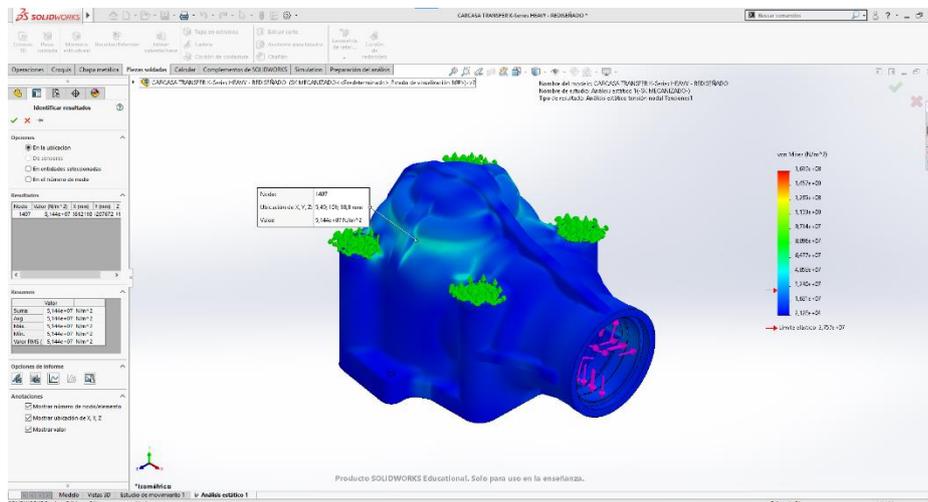


Figura 18: Verificación de tensiones Von Mises del rediseño de la Carcasa de transferencia AWD

3. CONCLUSIONES

En este trabajo, el problema de máxima rigidez con restricción de volumen fue implementado usando el método de la optimización topológica. La solución utilizada para el desarrollo del cálculo desarrollado proporciono resultados coherentes. Finalmente, una pieza mecánica fue rediseñada con el propósito de reducir su peso. La solución generó una pieza óptima con una geometría similar, más estilizada, que fue interpretada para obtener un modelo CAD de la pieza mecánica optimizada. El programa de CAD permitió calcular una reducción de peso de 17%. El software Solidworks Simulation permitió calcular los factores de seguridad, mostrando que en el caso de la pieza optimizada se redujo un 17% de su masa. Sin embargo, el valor final aún cumple las especificaciones de diseño. Los resultados obtenidos muestran que la OT es una técnica muy útil en el diseño de piezas mecánicas de peso reducido. Las topologías obtenidas llevan, después de un proceso de interpretación, a piezas mecánicas más livianas, manteniendo una resistencia mecánica comparable, según el análisis estático. Las geometrías complejas que se obtienen con la OT pueden ser fácilmente fabricadas con las técnicas modernas de manufactura aditiva.

4. REFERENCIAS

- [1] Bendsoe, M. P. & Sigmund, O. (2003). *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*. Berlín: Springer Verlag.
- [2] Tesis Doctoral “OPTIMIZACIÓN DE FORMA Y TOPOLOGÍA CON MALLA FIJA Y ALGORITMOS GENÉTICOS” Dr. Ing. Mariano Victoria Nicolás - Cartagena, abril de 2006 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
- [3] Schmit L.A, Farshi B., “Some Approximation Concepts for Structural Synthesis”. *AIAA Journal* 1974; 12: 692-699.
- [4] Francavilla A., Ramakrishnan C. V., y Zienkiewicz O. C., “Optimization of Shape to Minimize Stress Concentration”, *Journal of Strain Analysis* 1975; 10: 63-70.
- [5] Oda J., “On a Technique to obtain an Optimum Strength Shape by the Finite Element Method”. *Bulletin of the JSME* 1977; 20:160-167.
- [6] Rodriguez J., Seireg A., “Optimizing the Shapes of Structures via a Rule-based Computer program. *ASME - Computers in Mechanical Engineering*” 1985; 4: 20-29.
- [7] Xie, Y.M., Steven, G.P., “*Evolutionary Structural Optimization*”, 1ª ed., Ed. Springer, Great Britain 1997, pp. 1-40.
- [8] Bendsøe M.P., Kikuchi N., “*Topology and Generalized Layout Optimization of Elastic Structures*”. *Topology Design of Structures* 1993.
- [9] Woon S.Y., Tong L., Querin O.M., Steven G.P., “*Optimising Topologies through a Multi-GASystem*”, *WCSSMO* 5 2003.
- [10] Bendsøe M. P., Kikuchi N., “Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method”, *Comp. Meth. Appl. Mech. Engrg.*, 1988; 71,197–224.
- [11] Timoshenko, S. & Goodier, J. (1970). *Theory of Elasticity*. New York: Mc Graw-Hill.
- [12] Logan, D. L. (2007). *A First Course in the Finite Element Method*. Thompson, Canada.

Confiabilidad sísmica en tanques típicos de la industria vitivinícola local equipados con sistemas de aislamiento sísmico

Compagnoni, María E*; Martínez, Carlos A; Romero Rem, Agustina; Gajdosech, Paula; Campi, Andrés

*Grupo SICO, UTN Facultad Regional San Rafael, Av. Urquiza 314, C.P.: 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina
ecompagnoni@frsr.utn.edu.ar*

RESUMEN

En zonas sísmicas como es el caso de la región de Cuyo, los tanques contenedores de vino son propensos a colapso ante eventos sísmicos, lo que podría resultar en importantes pérdidas directas e indirectas para la industria y la economía local. En particular, las pérdidas registradas por la industria del vino durante eventos sísmicos exigen una exhaustiva revisión de los diseños de sistemas de almacenaje y acopio. Para mejorar la confiabilidad sísmica de estas estructuras, la estrategia de aislamiento sísmico puede resultar beneficiosa. El uso de sistemas pasivos para controlar la respuesta de estructuras bajo excitación sísmica, es cada vez más común en el mundo. Sin embargo, su uso no se ha extendido todavía en nuestro país a estructuras industriales debido principalmente a la falta de conocimiento de parte del sector productivo. En este estudio, la confiabilidad de dos tanques, utilizados en la industria de vino, con y sin un sistema de aislamiento sísmico tipo péndulo de fricción, se calcula mediante simulación numérica. Para evaluar la influencia del sistema de aislamiento, se realiza una serie de análisis dinámicos no lineales. Cada respuesta no lineal se obtiene mediante un modelo mecánico equivalente, que considera la interacción fluido-estructura. Con el fin de obtener resultados robustos en el análisis de confiabilidad, se utiliza un conjunto de registros sísmicos con características marcadamente diferentes. Finalmente, el análisis de confiabilidad sísmica muestra que, para los tanques de almacenamiento estudiados, un sistema de aislamiento sísmico del tipo SPF reduciría ampliamente la probabilidad de falla.

Palabras Claves: Confiabilidad estructural – Tanques de almacenamiento de vino – Aislamiento sísmico.

ABSTRACT

In seismic areas such as the Cuyo region, wine container tanks are prone to collapse during seismic events, which could result in significant direct and indirect losses for the industry and the local economy. In particular, the losses incurred by the wine industry during seismic events require an exhaustive review of the designs of the wine storage systems. To improve the seismic reliability of these structures, the seismic isolation strategy can be advantageously used. The use of passive systems to control the response of structures under seismic excitation is increasingly common in the world. However, its use has not yet been extended in our country to industrial structures mainly due to the lack of knowledge on the productive sector. In this study, the reliability of two tanks, used in the wine industry, with and without a friction pendulum-type seismic isolation system, is analyzed by numerical simulation. To evaluate the influence of the isolation system, a series of non-linear dynamic analyzes is carried out. Each non-linear response is obtained by means of an equivalent mechanical model, which considers the fluid-structure interaction. In order to obtain robust results in the reliability analysis, a set of seismic records with markedly different characteristics is used. Finally, the seismic reliability analysis shows that, for the storage tanks studied, a seismic isolation system of the FPS type would greatly reduce the probability of failure.

Keywords: Structural Reliability – Wine storage tanks – Seismic Isolation.

1. INTRODUCCIÓN

Los tanques cilíndricos de acero presentan una gran variedad de aplicaciones en la industria: en el contexto regional de la provincia de Mendoza, los mismos se utilizan ampliamente en la industria alimentaria para el almacenaje de agua y de líquidos de distintas densidades, pudiendo tratarse de aceite, vino, leche, etc. Las principales razones del uso de este tipo de tanques son: su diseño estructural simple, buen comportamiento bajo cargas hidrostáticas, bajo costo relativo y fácil construcción. El problema radica en que este tipo de estructuras son altamente sensibles a eventos sísmicos, altamente probables en la zona. La evidencia indica que, en numerosos eventos sísmicos, se ha visto dañada esta tipología de estructuras, resultando en pérdidas materiales importantes, tanto por la inhabilitación total o parcial de la estructura en sí, como por la pérdida de su contenido, de gran importancia para el mercado y la economía regional.

En Chile, en febrero de 2010, se produjo un terremoto que afectó prácticamente a la totalidad de la industria vitivinícola de la zona. Según estimaciones, las pérdidas alcanzaron aproximadamente los 125 millones de litros de vino (aproximadamente US\$250 millones) por daños en los tanques contenedores (Figura 1), y se estima que las pérdidas fueron menores dado que, en promedio, sólo estaba ocupado un 50% de la capacidad de almacenaje, ya que el sismo se produjo apenas una semana antes del comienzo de la vendimia [1]. En Emilia, Italia, en 2012, un terremoto de intensidad moderada, causó daños en tanques de vino, y se observaron fallas por flexión (pata de elefante y punta de diamante), daños en las paredes, fallas en los anclajes y en soportes de los tanques elevados [2]. En la ciudad de American Canyon, California, en 2014, se produjo un sismo de magnitud 6.0 el cual dañó las instalaciones de almacenamiento de vino. En este caso el daño se centró principalmente en los tanques de almacenamiento de acero inoxidable y tanques de fermentación, así como en los barriles de almacenamiento de vino debido al colapso de las estructuras que los soportaban [3]. En la región de Marlborough, Nueva Zelanda, después del terremoto de Kaikōura del 14 de noviembre de 2016 y sus subsecuentes réplicas [4], Nueva Zelanda informó que hubo pérdidas de vino de aproximadamente el 2,0% (estimado en 5,3 millones de litros) de la producción total de Marlborough [5]. Se estima que aproximadamente 20% de la capacidad de los tanques en Marlborough se deterioró en cierta medida. Se calcula que al menos 1.000 tanques sufrieron daños menores y que 150 de estos tanques dañados eran irreparables. La capacidad de los tanques que la industria estimaba fuera de actividad en la vendimia 2017 era de 30-40 millones de litros, que es entre 10-13% de la capacidad total [4].



Figura 1 Daño depósitos de vino. Sismo de Chile en 2010. (EERI, 2010)

Orientándose a la generación de soluciones técnicas para este problema y el riesgo latente, se han realizado múltiples estudios que han expuesto una variedad de posibles soluciones en el campo de los dispositivos pasivos de aislación y de disipación de energía [6].

Por otro lado, debido a las incertezas relacionadas al desempeño estructural, y, predominantemente, a la excitación sísmica, el análisis probabilístico de riesgo sísmico resulta una de las mejores herramientas para la medición del desempeño sísmico en un sistema estructural [7, 8]. Esta herramienta resulta ser el enfoque más apropiado para la medición de efectos de sistemas de aislación sísmica en estructuras. Por este motivo, el análisis probabilístico de riesgo sísmico ha recibido una creciente atención en las últimas dos décadas, sin embargo, existen en la actualidad escasos estudios que utilicen esta herramienta probabilística para analizar el comportamiento de tanques metálicos. Sólo en algunos trabajos, como el publicado en [9], donde se cuantifica la efectividad de un sistema específico de reacondicionamiento en tanques de almacenamiento esféricos a través de un complejo modelo de elementos finitos que considera interacción fluido-estructura, y en [10], donde se evalúa la efectividad del uso de disipadores en tanques cilíndricos

de acero para almacenamiento de vino a través de un modelo complejo de elementos finitos que considera interacción fluido-estructura-suelo.

Debe destacarse que, los análisis realizados en los trabajos mencionados, requieren de gran capacidad de procesamiento de información para poder calibrar y resolver los modelos de elementos finitos que proponen, además del tiempo invertido en generación, calibración y resolución de dichos modelos. Expuesto este punto, se puede decir que no existen en la actualidad propuestas de análisis simplificados y de rápida resolución que relacionen criterios de falla comunes para tanques cilíndricos metálicos de almacenamiento de líquidos con aisladores en su base, basándose en el uso de un análisis probabilístico de riesgo sísmico.

El presente trabajo presenta una comparativa entre el comportamiento de tanques cilíndricos apoyados en su base y tanques cilíndricos con sistemas de aislación sísmica tipo péndulo de fricción. A través del uso del modelo de Malhotra [11], se representa la masa de líquido del tanque. Este modelo toma en cuenta la flexibilidad de las paredes del tanque, al considerar una masa convectiva y otra impulsiva como componentes de la masa total de líquido. La respuesta del sistema se obtiene por combinación de los resultados individuales que presentan las mencionadas masas bajo un análisis dinámico. Se realiza este tipo de análisis descrito para tanques apoyados en su base y para tanques con aisladores tipo péndulo de fricción, y se procede a un análisis comparativo de respuestas.

La geometría de los tanques propuestos se obtiene planteando modelos típicos de tanques del Departamento de San Rafael, Mendoza (Argentina), a través del relevamiento de las industrias regionales que cuentan con este tipo de tanques. Para otorgarle mayor robustez al método de análisis propuesto, se plantea un grupo de registros sísmicos artificiales, que se generan a partir de registros sísmicos de eventos de gran magnitud medidos en distintos lugares del mundo, escalados con diferentes valores de aceleración pico del suelo. El estudio de confiabilidad se realiza, como se mencionó, utilizando un análisis probabilístico de riesgo sísmico, para considerar de esta forma, las incertidumbres relacionadas al comportamiento de este tipo de estructuras frente a cargas dinámicas, y, principalmente, las incertidumbres asociadas a los eventos sísmicos.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS TANQUES ESTUDIADOS.

En este trabajo se evalúan dos tanques de acero inoxidable para almacenamiento de vino, típicos del departamento de San Rafael, Mendoza, uno de tipo esbelto y otro con características de tanque poco esbelto o bajo. Los tanques se encuentran apoyados sobre su fundación. Las características geométricas de ambos tanques pueden observarse en la Tabla 1. Las propiedades del material para ambos tanques son las mismas. El módulo de elasticidad del material del tanque es 187 GPa y el coeficiente de Poisson es de 0.3. El contenido líquido es vino con una densidad de 1000 kg/m³.

Tabla 1 Características de los tanques vitivinícolas estudiados.

Tanque	Radio R (m)	Altura tanque H (m)	Espesor (mm)	Altura líquido Hw (m)	S Hw/R
Esbelto	2.50	4.95	2	4.50	1.8
Ancho	2.00	1.85	1	1.50	0.8

Como se ha explicado previamente, la comparativa de respuesta se realiza para estos dos tanques descritos, de base fija, vs. el comportamiento de los mismos con aisladores tipo péndulo de fricción en su base. Con este sistema de aislación, se pueden lograr reducciones de hasta el 50% en el cortante basal de tanques de líquido cilíndricos, para cargas sísmicas [12]. La curva histerética que produce este tipo de dispositivos responde a un modelo de fricción seca de Coulomb, por lo que presenta una gran efectividad relativa a otros dispositivos desarrollados a tal fin.

2.1. Modelo mecánico equivalente.

Para los registros mencionados, se resuelve el modelo mecánico equivalente de Housner [13], modificado por Malhotra [11], mediante el uso de una rutina de MATLAB, para obtener valores de desplazamiento, velocidad y aceleración de cada una de las masas del modelo. En este modelo, la masa de líquido durante la excitación sísmica, vibra en tres formas diferentes denominadas, masa convectiva m_c , (parte superior de la masa de líquido que controla la superficie libre, es decir, representa la masa de las olas en la superficie del líquido) los desplazamientos horizontales de dicha masa, son equivalentes a la altura de ola, masa impulsiva m_i , (parte intermedia de la masa de líquido que vibra junto a la pared del tanque) y masa rígida m_r , (parte inferior de la masa de líquido que vibra solidaria al fondo del recipiente), (Figura 2.a). Los desplazamientos absolutos de cada grado de libertad son denotados por u_c , u_i y u_r , respectivamente.

En el caso de las estructuras con aisladores (Figura 2.b), en función de la interacción entre el desplazamiento relativo de la estructura respecto a su base, se utiliza la curva histerética asociada a los péndulos de fricción para evaluar la cantidad de energía disipada por estos sistemas.

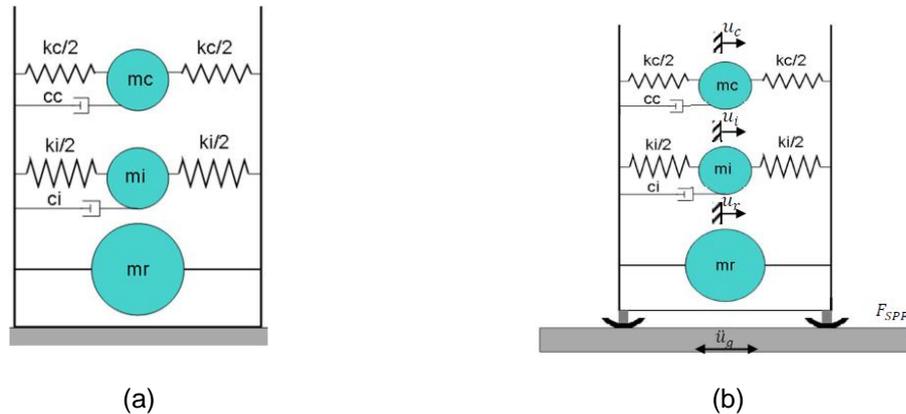


Figura 2 Esquemas de los modelos mecánicos equivalentes: (a) Tanque de base fija; (b) Tanque aislado con sistema de péndulo de fricción.

2.2. Descripción del sistema de aislamiento

Los aisladores de base tipo péndulo de fricción, que en inglés se conoce con las siglas FPS (Frictional Pendulum System), hacen que una estructura trabaje como un péndulo de una altura considerable que tiene un gran período y como consecuencia de esto las aceleraciones espectrales son bajas y por ende las fuerzas que gravitan en la estructura por efecto de un sismo, son bajas.

Los FPS tienen una superficie esférica, de acero inoxidable, sobre la cual se mueve la estructura ante la acción de un sismo, pero cuando se desplaza el peso propio de la estructura ocasiona que esta vuelva a su posición de equilibrio.

En la Figura 3 se muestra un FPS de la primera generación. Se aprecia el deslizador articulado que se mueve a lo largo de la superficie cóncava, cuando hay una acción sísmica, esto genera un levantamiento de la masa soportada, y la estructura empieza a oscilar como un péndulo. El deslizador está recubierto por un politetrafluoroetileno, PTFE que tiene un coeficiente de fricción bajo y tiene por objeto evitar la ralladura de la superficie esférica de acero.

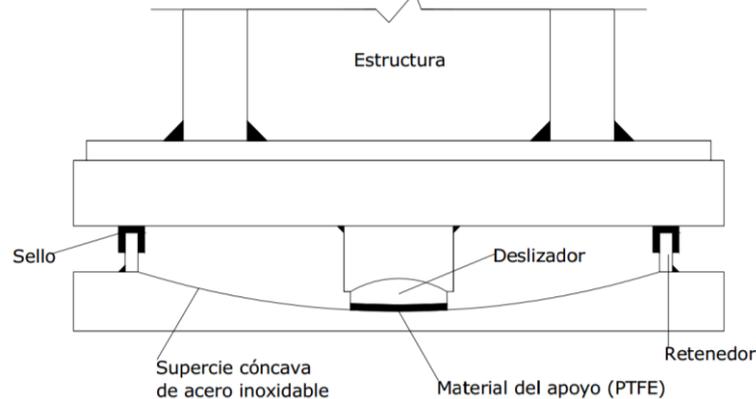


Figura 3 Descripción del FPS de la primera generación.

En la periferia del FPS hay unos toques que limitan el desplazamiento del deslizador y todo esto se halla herméticamente cerrado para evitar que el medio ambiente pueda dañar al aislador.

2.3. Confiabilidad estructural.

El procedimiento para evaluar la eficiencia del sistema de aislamiento sísmico a través del análisis de confiabilidad de tanques cilíndricos apoyados consiste esencialmente en: (1) Obtener un conjunto de registros sísmicos y normalizarlos según su aceleración pico del suelo (PGA: Peak Ground Motion); (2) construir las curvas de fragilidad mediante simulación, contando la cantidad de veces que los estados límites de la estructura se alcanza para cada nivel de PGA; y (3) a partir de las curvas de fragilidad y junto con la peligrosidad del sitio donde se encuentra la estructura, estimar la probabilidad del estado límite.

La distribución de la probabilidad de estado límite, en función de los criterios de falla condicionales, se determina para cada registro realizando un análisis no lineal en el tiempo de la respuesta. La distribución de probabilidad condicional es estimada contando la cantidad relativa de veces que la respuesta alcanza el límite de tensión admisible, y puede expresarse como:

$$P_c = P [C = 1 | Q = x] P [Q = x] \quad (1)$$

En la cual $P [C = 1|Q = x]$ representa la probabilidad condicional de alcanzar el estado límite dada la ocurrencia de un sismo con un nivel específico de intensidad y $P[Q = x]$ representa la probabilidad de que la intensidad de ese sismo exceda un nivel específico x , durante un periodo de tiempo.

2.3.1. Registros sísmicos

Un aspecto fundamental del desarrollo de un análisis de confiabilidad es que se requiere un conjunto de registros sísmicos (paso (1) del procedimiento anterior), para lo cual se pueden usar registros generados artificialmente o registros reales de terremotos. En este estudio se confeccionó una base de datos de 30 registros sísmicos reales de distintas zonas sísmicas, que, como se mencionó, se busca que sean de variadas características, a los efectos de otorgarle robustez al estudio propuesto. En la Tabla 2 se muestran los registros utilizados, los mismos se escalaron para obtener diferentes valores de PGA.

Tabla 2. Registros sísmicos.

Registros sísmicos						
N°	Año	Denominación	Ubicación	Estación de medición	PGA	Mw
1	1994	Northridge-BH	Northridge, EUA	Beverly Hills, Mulhol	0,52	6,7
2	1994	Northridge-CC	Northridge, EUA	Canyon Country, WLC	0,48	6,7
3	1994	Northridge-LA	Northridge, EUA	LA, Hollywood Stor FF	0,36	6,7
4	1999	Turkey-B	Duzce, Turkey	Bolu	0,82	7,1
5	1999	HectorMine-H	Hector Mine, CA, EUA	Hector	0,34	7,1
6	1979	ImpValley-D	Imperial Valley, EUA	Delta	0,35	6,5
7	1979	ImpValley-EC	Imperial Valley, EUA	El Centro Array #11	0,38	6,5
8	1995	Kobe-NA	Kobe, Japan	Nishi-Akashi	0,51	6,9
9	1995	Kobe-SO	Kobe, Japan	Shin-Osaka	0,24	6,9
10	1999	Kocaeli-D	Kocaeli, Turkey	Duzce	0,36	7,5
11	1999	Kocaeli-A	Kocaeli, Turkey	Arcelik	0,22	7,5
12	1992	Landers-YFS	Landers, EUA	Yermo Fire Station	0,24	7,3
13	1992	Landers-C	Landers, EUA	Coolwater	0,42	7,3
14	1989	LomaPrieta-C	Loma Prieta, EUA	Capitola	0,53	6,9
15	1989	LomaPrieta-GA	Loma Prieta, EUA	Gilroy Array #3	0,56	6,9
16	1990	Iran-Abbar	Manjil, Iran	Abbar	0,51	7,4
17	1987	SupHills-EC	Superstition Hills, EUA	El Centro Imp. Co. Ce	0,36	6,5
18	1987	SupHills-PR	Superstition Hills, EUA	Poe Road (temp)	0,45	6,5
19	1987	SupHills-WFS	Superstition Hills, EUA	Westmorland Fire Stat.	0,21	6,5
20	1992	CapeMend-EMW	Cape Mendocino, EUA	Eureka Myrtle and We	0,55	7
21	1999	Chi-chi-1	Chi-chi, Taiwan	CHY101	0,44	7,6
22	1999	Chi-chi-2	Chi-chi, Taiwan	TCU045	0,51	7,6
23	1971	SanFernando-LA	San Fernando, EUA	LA, Hollywood Stor FF	0,21	6,6
24	1976	Friuli-Tolmezzo	Friuli, Italia	Tolmezzo	0,35	6,5
25	1980	Irpinia-Bisaccia	Irpinia, Italia	Bisaccia	0,94	6,9
26	1979	Montenegro-DPS	Montenegro	Dubrovnik,Pomorska	0,18	6,9
27	1997	UmbriaMarcheAC	Umbria Marche, Italia	Aquilpark-Citta	0,19	6
28	1977	Caucete	Caucete, San Juan, Arg		0,46	7,4
29	2010	Maule	Maule, Chile	Angol	0,928	8,8
30	1985	Mendoza	Mendoza, Argentina	Amicis	0,34	5,9

2.3.2. Criterios de falla y modelo de fragilidad

La curva de fragilidad se define como la probabilidad de alcanzar o superar el estado límite para un valor particular de la intensidad del sismo. En consecuencia, para construir las curvas de fragilidad (paso (2) del procedimiento anterior) se requiere un criterio de falla para las estructuras analizadas.

Aquí, el criterio de falla se considera como el pandeo elástico de la pared del tanque debido a la superación del cortante base crítico ($V_{b,cr}$) o momento crítico de vuelco ($M_{b,cr}$). El cortante basal

crítico y el momento de vuelco crítico en términos de pandeo elástico de la pared del tanque se calculan usando las siguientes expresiones [14].

$$V_{b,cr} = \tau_{cr} \pi R t_s \quad (2)$$

$$M_{b,cr} = \sigma_{cr} \pi R^2 t_s \quad (3)$$

donde

$$\tau_{cr} = 0.07708 \frac{\pi^2 E_s}{(1 - \nu^2)^{\frac{5}{8}} \sqrt{\frac{H}{R}}} \left(\frac{R}{t_s}\right)^{-5/4} \quad (4)$$

$$\sigma_{cr} = 0.605 \frac{E_s t_s}{R} \quad (5)$$

Siendo

E_s : Módulo de elasticidad del acero en Pa;

R : Radio del tanque;

t_s : espesor del tanque de acero;

H : Altura de líquido en el tanque

ν : coeficiente de poisson.

Muchos trabajos [15-18] han confirmado que la fragilidad sísmica, en términos de la aceleración pico del suelo, puede ser modelada por una función distribución log-normal acumulada (CDF) como

$$P_c(x) = \Phi \left[\frac{\ln(x) - \ln(C_m)}{\beta_c} \right] \quad (6)$$

En la cual $\Phi[\]$ denota la integral de probabilidad estándar, C_m es la fragilidad mediana (50% del porcentaje de fragilidad), y la desviación logarítmica estándar β_c describe la inherente variabilidad en la capacidad sísmica de una estructura sometida a un sismo con un nivel de intensidad específico x . Los valores para estos últimos parámetros se determinan, para cada caso, haciendo una aproximación con una función log-normal a los puntos de fragilidades P_c estimados.

2.3.3. Modelo de peligrosidad sísmica

$P[Q = x]$ representa la distribución de los posibles niveles de intensidad sísmica determinados como la derivada de la curva de amenaza sísmica, $H(x)$. Se suele modelar $H(x)$ con una función distribución acumulativa complementaria (CCDF) obtenida del análisis de amenaza sísmica (SHA) del sitio para un período de tiempo. En el análisis de riesgo sísmico moderno, la curva de amenaza se describe usando una distribución Tipo II de los mayores valores, como:

$$H(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{u} \right)^{-k} \right] \quad (7)$$

En la cual, u y k denotan la escala y forma de los parámetros de distribución, respectivamente. Pueden obtenerse mayores detalles sobre el análisis de amenaza de probabilidad sísmica [19-22].

Una estimación de la probabilidad de ocurrencia del estado límite, puede obtenerse convolucionando la curva de fragilidad, $P_c(x)$, con la curva de la derivada de la amenaza sísmica, $H(x)$:

$$P_F = \int_0^{\infty} P_c(x) \frac{dH(x)}{dx} dx \quad (8)$$

Assumiendo que solo un rango relativamente estrecho de valores de x contribuye significativamente a P_F , es posible aproximar la probabilidad del estado límite como:

$$P_F \approx H(C_m) \exp \left[\frac{(k \beta_c)^2}{2} \right] \quad (9)$$

Esta última expresión significa que la probabilidad de ocurrencia del estado límite puede ser estimada por la amenaza sísmica, $H(x)$, evaluada en la fragilidad mediana, C_m , multiplicada por un factor de corrección que considera las incertidumbres asociadas con la intensidad de los sismos (cuantificada por k), y la capacidad estructural (cuantificada por β_c). Los valores típicos de k se encuentran aproximadamente en el rango de 1.5-2.5 en regiones de moderada sismicidad, y de 3-4 en regiones de elevada sismicidad [23]; mientras que β_c varía entre 0.15 y 0.25 dependiendo del nivel de desempeño estructural [24].

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Las relaciones de fragilidad sísmica y las probabilidades de falla para ambos tanques de almacenamiento de vino (esbelto y bajo) con dos configuraciones diferentes (base fija y aislado con péndulo de fricción) se estimaron utilizando el procedimiento descrito en la Sección 2. Los puntos de fragilidad obtenidos de la simulación fueron ajustados con una función log-normal con 95% de confianza para cada configuración en ambos tanques, es decir, los tanques esbelto y bajo con y sin el sistema de aislación sísmica (Figura 4).

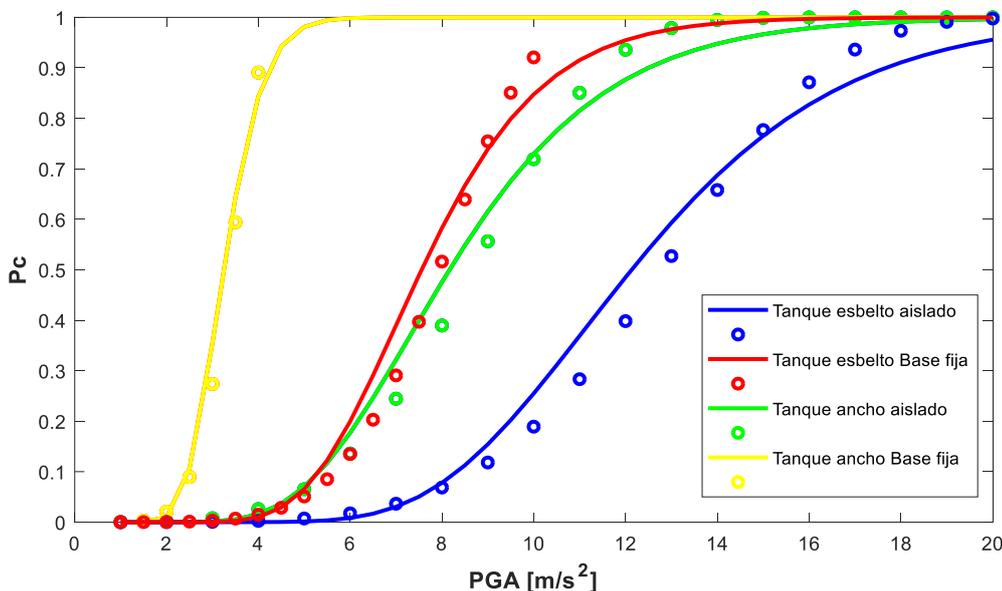


Figura 4 Curvas de fragilidad

Se observó un aumento considerable en la capacidad contra falla de ambos tanques con el sistema de aislación sísmica (Figura 4). Por ejemplo, para que el tanque esbelto de base fija alcance el cincuenta por ciento de probabilidad de falla, es decir, la fragilidad mediana, fue necesaria una aceleración máxima del suelo de 8 m/s² aproximadamente, mientras que, para el mismo tanque, pero en la configuración de base fija, la falla se alcanza con un PGA de 3.2 m/s². A su vez, para que el tanque bajo con el sistema de aislación sísmica alcance la fragilidad mediana se requirió un PGA de 12 m/s², mientras que para el de base fija se requiere un PGA de 7.5 m/s² aproximadamente.

Como se puede ver, el aumento en el PGA que se requirió para alcanzar la fragilidad mediana mediante el uso del sistema de aislamiento representó un aumento del 150% y 60% para el tanque esbelto y el bajo, respectivamente (Tabla 3).

De manera similar, la Figura 5 muestra la curva de peligro sísmico, $H(x)$, durante un período de 50 años, obtenida del análisis de riesgo sísmico con base en datos históricos e instrumentales de la región, asumiendo una ecuación de atenuación de los sismos de Toro et al. [25]. Sobre una base de 50 años, la peligrosidad sísmica del tanque esbelto, para ambas configuraciones (base fija y aislado), evaluada en las fragilidades medianas (3.2 m/s² y 8 m/s²) toma los valores 0.1091 y 0.01174, respectivamente (Figura 5). Multiplicando estos valores por el factor de corrección (el factor exponencial en la Ec. (9)), las probabilidades del estado límite son aproximadamente 0.1135 y 0.01233, como se resume en la Tabla 2. Por lo tanto, la probabilidad relativamente alta de alcanzar el estado límite de la estructura original se reduce sensiblemente del orden del 89% mediante la incorporación del sistema de aislación para el tanque esbelto. Similarmente, la peligrosidad sísmica para el tanque bajo, de base fija y con sistema de aislación sísmica, evaluada en las fragilidades medianas (7.5 m/s² y 12 m/s², respectivamente), resulta en los valores 0.01422 y 0.003142, respectivamente, los cuales, nuevamente corrigiendo según la Ec. (9), las probabilidades de estado límite son 0.01478 y 0.003305, para el tanque bajo de base fija y aislado, respectivamente.

Tabla 3 Fragilidad mediana y probabilidad de estado límite para tanques de base fija y con SPF.

	Tanque esbelto			Tanque ancho		
	Base Fija	Aislado	Dif. relativa (%)	Base Fija	Aislado	Dif. relativa (%)
PGA (m/s²) p/fragilidad mediana	8	3.2	150	12	7.5	60
Probabilidad de estado límite	0.1091	0.01174	89.24	0.01478	0.003305	77.63

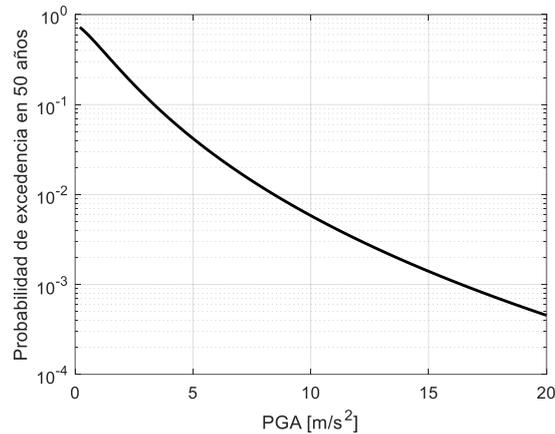


Figura 5 Curvas de peligrosidad sísmica para un periodo de 50 años.

4. CONCLUSIONES.

La efectividad de un sistema de aislación sísmica en dos tanques típicos en la región, de almacenamiento de vino (uno esbelto y otro bajo) se evaluó mediante el concepto de confiabilidad sísmica. El análisis de confiabilidad sísmica de los tanques de almacenamiento con y sin el sistema de aislamiento sísmico fue desarrollado mediante simulación computacional con un modelo mecánico equivalente. El análisis de confiabilidad sísmica mostró que el sistema de aislamiento sísmico fue muy efectivo para reducir la probabilidad de alcanzar el estado límite de la estructura en aproximadamente un 80% tanto en el tanque esbelto como en el bajo, mostrándose más eficiente en el esbelto.

5. REFERENCIAS.

- [1] EERI – Earthquake Engineering Research Institute. (2010). The Mw 8.8 Chile Earthquake of February 27, 2010. EERI Special Earthquake Report - June 2010
- [2] Brunesi, E., Nascimbene, R., Pagani, M., & Beilic, D. (2014). Seismic performance of storage steel tanks during the May 2012 Emilia, Italy, earthquakes. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29(5). doi: 04014137
- [3] Fischer, E.C., Liu, J., & Varma, A. H. (2015). Investigation of Cylindrical Steel Tank Damage at Wineries during Earthquakes: Lessons Learned and Mitigation Opportunities. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*. doi: 04016004.
- [4] Dizhur, D., Simkin, G., Giaretton, M., Loporcaro, G. Palermo, A. & Ingham, J. (2017). Performance of winery facilities during the 14 November 2016 Kaikōura earthquake. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 50(2): 206-224.
- [5] New Zealand Wine (2016). New Zealand wine industry plans for vintage 2017 after Kaikōura earthquakes. [Press release on 29 November 2016]. Recuperado de <http://www.voxy.co.nz/business/5/269765>.
- [6] Kelly, J. M. (1986) Aseismic base isolation: review and bibliography. *Soil Dynamic Earthquake Engineering*;5(4): 202–16.
- [7] Güneş, E. M., Altay, G. (2008). Seismic fragility assessment of effectiveness of viscous dampers in R/C buildings under scenario earthquakes. *Structural Safety*. 30: 461–80.
- [8] Piluso, V., Rizzano G., Tolone, I. (2009). Seismic reliability assessment of a two-story steel–concrete composite frame designed according to Eurocode 8. *Structural Safety*. 31:383–95.
- [9] Curadelli, O. (2011). Seismic reliability of spherical containers retrofitted by means of energy dissipation devices. *Engineering Structures*, 33(9), 2662–2667. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.05.015>
- [10] Colombo, J., & Almazán, J. (2015). Seismic reliability of continuously supported steel wine storage tanks retrofitted with energy dissipation devices. *Engineering Structures*, 98, 201–211. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.04.037>
- [11] Malhotra, P.K., Wenk, T., Weiland, M. (2000), "Simple procedure of seismic analysis of liquid-storage tanks", *Struct Eng Int*, 10(3), 197–201.
- [12] Compagnoni, M. E., Curadelli, O., & Ambrosini, D. (2018). Experimental study on the seismic response of liquid storage tanks with Sliding Concave Bearings. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 55, 1–9.
- [13] Housner, G. W. (1954). "Earthquake Pressures on Fluid Containers". Eighth Technical Report under Office of Naval Research, Project Designation No. 081-095, California Institute of Technology, Pasadena, California.
- [14] Saha SK, Matsagar V, Chakraborty S. Uncertainty quantification and seismic fragility of base-

isolated liquid storage tanks using response surface models. *Probab Eng Mech* 2016;43:20–35

[15] Ellingwood, B. Validation studies for seismic PRAs. (1990). *Nuclear Engineering Design*; 123(2):189–96.

[16] Singhal A., Kiremidjian, A. S. (1996). Method for probabilistic evaluation of seismic structural damage. *J Structural Engineering ASCE*; 122(12):1459–67.

[17] Song J., Ellingwood, B. R. (1999). Seismic reliability of special moment steel frames with welded connections: I and II. *J Struct Eng ASCE*; 125(4):357–84.

[18] Ellingwood, B. R., Kinali, K. (2009). Quantifying and communicating uncertainty in seismic risk assessment. *Structural Safety*; 31:179–87.

[19] Lee, Y., Anderson, J. G., Zeng, Y. (2000). Evaluation of empirical ground motion relations in Southern California. *Bull Seism Soc of America*; 90(6B).

[20] Field, E. H. (2000). Accounting for site effects in probabilistic seismic hazard analysis of southern California. Overview of the SCEC phase III report. *Seismic Society of America*; 90(6B). <http://www.scec.org/resources/catalog/seismichazards.html>.

[21] SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee). Recommendations for probabilistic seismic hazard analysis: guidance on uncertainty and use of experts. US Nuclear Regulatory Commission report CR-6372, Washington DC 1997.

[22] McGuire, R. K. (2004). Hazard and risk analysis. 1st ed. Oakland, CA: Earthquake Engineering Research Institute.

[23] BSSC. NEHRP recommended provisions for the development of seismic regulations for new buildings. 1997 ed. FEMA Report 302, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, 1998.

[24] Kinali K., Ellingwood B. R. (2007). Seismic fragility assessment of steel frames for consequence-based engineering: a case study for Memphis. TN. *Engineering Structures*; 29(6):1115–27

[25] Toro GR, Abrahamson N, Schneider JF. (1997) Model of strong ground motions from earthquakes in central and eastern North America: best estimates and uncertainties. *Seismological Res Lett* ;68:58–73.

Análisis de viabilidad técnica para el uso de cobots en pymes manufactureras: un caso de estudio

Salimbeni, Sergio; Bonacina, Matías; Mamani, Daniel

Instituto de Ciencia y Tecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.

Lavalle 1854, CABA, Argentina.

sergio.salimbeni@usal.edu.ar; m.bonacina@usal.edu.ar; daniel.mamani@usal.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el desarrollo de un marco de referencia y metodología para el estudio de viabilidad técnica del uso de robots colaborativos en pymes manufactureras. De acuerdo con nuestro estudio anterior, el factor técnico es una de las cinco variables de evaluación para la toma de decisiones para la incorporación de Cobots en estaciones de trabajo, siendo ellas: el factor técnico, el ergonómico, la calidad, el económico-financiero y el regulatorio. Este trabajo se ha realizado en tres fases: (1) se realizó un análisis sistemático de literatura en lo referente a el uso de Cobots en pymes y su correspondiente evaluación técnica, (2) se seleccionó el método de evaluación, y (3) se aplicó a un caso de incorporación de un Cobots en una estación de trabajo de una pequeña empresa de manufactura de productos eléctricos en la Argentina. Esta metodología colaboró con la toma de decisiones de la alta gerencia para comprender si las actividades de alimentación, manipulación y montaje de piezas y componentes eléctricos podrían ser realizadas de manera eficiente y eficaz por medio de un brazo robótico.

Palabras Clave: 4^{ta} Revolución Industrial, Industria 4.0, Pymes, Cobots, Producción.

ABSTRACT

The aim of this work was the development of a reference framework and methodology for the technical feasibility study of the use of collaborative robots in manufacturing SMEs. According to our previous study, the technical factor is one of the five evaluation variables for decision-making for the incorporation of Cobots in workstations, being them: the technical factor, the ergonomic factor, the quality, the economic-financial factor. and the regulatory one. This work has been carried out in three phases: (1) a systematic analysis of the literature regarding the use of Cobots in SMEs and its corresponding technical evaluation was carried out, (2) the evaluation method was selected, and (3) the applied to a case of incorporation of a Cobots in a workstation of a small company that manufactures electrical products in Argentina. This methodology collaborated with the decision-making of senior management to understand whether the activities of feeding, handling and assembling electrical parts and components could be carried out efficiently and effectively by means of a robotic arm.

Keywords: 4th Industrial Revolution, Industry 4.0, SMEs, Cobots, Production.

*Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de **Trabajo Destacado** y se derivó su **publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII** [ir](#)*

Construyendo hoy el futuro sustentable con paneles aislantes

Palmieri Valentina, Pelayes Gustavo, Bernardi Leandro, Piriz Hector, Hernán Romero

Acerolatina – Friolatina – Bervill: Grupo LTN

vpalmieri@grupoltn.com, gpelayes@grupoltn.com, lbernardi@grupoltn.com, hpiriz@grupoltn.com,
hromero@grupoltn.com

RESUMEN

La utilización de paneles aislantes en la industria de la construcción se está expandiendo momento a momento en todo el mundo, y la Argentina, nuestro país, no es ajena a este hecho. Esto sucede hoy bajo la progresiva toma de conciencia de que los recursos energéticos disponibles son escasos y deben ser utilizados responsablemente minimizando la contaminación. Una sociedad más concientizada ha comenzado a buscar por distintos medios mejorar la calidad de vida actual, detener el calentamiento global y asegurar una buena calidad de vida de las futuras generaciones.

En este artículo se presenta el producto panel aislante, junto con un nuevo oficio que plantea su montaje, y las diferentes formas de insertarlo en la industria de la construcción. Se describe su contribución, con una excelente estética de terminación, a una gran funcionalidad alineada con las más altas exigencias de ahorro energético y sustentabilidad.

Palabras Claves: Panel aislante, propiedades mecánicas y aislación térmica, metodología BIM, sustentabilidad, ahorro energético.

ABSTRACT

The use of insulating panels in the construction industry is expanding moment by moment throughout the world, and Argentina, our country, is not immune to this fact. This happens today under the progressive realization that available energy resources are scarce and must be used responsibly, minimizing pollution. A more conscientious society has begun to seek by different means to improve the current quality of life, stop global warming and ensure a good quality of life for future generations.

In this article, the insulating panel is presented together with a new job that raises its assembly, and the different ways of inserting it in the construction industry. Its contribution, with an excellent finishing aesthetics, to a great functionality, is aligned with the highest demands for energy saving and sustainability is described.

Keywords: Insulating panel, mechanical characteristics and thermal insulation, BIM methodology, sustainability, energy saving.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo mundial de paneles aislantes tipo sándwich registró 223 millones de m² durante el año 2016 y auguró un crecimiento anual sostenido del 4,5 % en el periodo 2019 – 2025 [1]. Un 33% de este total es consumido en Europa y un 24,3 % en EEUU. Si comparamos el consumo de los principales países de Europa con Argentina, las cifras muestran que cada 100.000 habitantes se consumen al año 24.500 m² de paneles en países como Italia, Francia o Alemania, mientras que en Argentina se consumen 7.000 m².

Esta relación de 3,5 a 1 con un mercado global de tendencia creciente hacia un uso cada vez más popular de los paneles, refleja que el potencial de uso en Argentina tiene un campo virgen de un 70% que está apenas despertando. Con un espectro muy amplio de posibilidades y muchas ventajas en distintas aplicaciones de la industria de la construcción, podría decirse que ha nacido un nuevo formato de “ladrillo”: el *panel aislante*. Con él llegó también una nueva forma de edificar que se ha instalado en nuestro presente [2] y constituye una opción cada vez más robusta para construir en forma sustentable nuestro futuro. La utilización de los paneles aislantes comienza en Europa después de la segunda guerra mundial enfocada principalmente a la industria del frío dedicada a la conservación de alimentos [3]. Esta forma de construir después de sus primeros 25 años migró hacia otras aplicaciones de la construcción. En forma silenciosa, casi inadvertida, y con un respaldo de experiencia de más de 70 años, se fue insertando cada vez más en todo tipo de construcciones y hoy sigue ganando terreno por las abundantes ventajas que ofrece frente al método de construcción tradicional. En forma paralela, las herramientas de diseño, cálculo y de gestión de proyectos de construcción han ido evolucionando significativamente a lo largo del tiempo. Hoy se ha llegado a un punto tal que el cálculo y la certificación de la eficiencia energética de un nuevo edificio es posible en la etapa de diseño, como así también es posible “construir antes de construir” gracias la metodología BIM (Building Information Modelling) que se describe en el punto 6.

La Argentina es también testigo y protagonista de estos cambios en productos y metodologías, y la diversidad de aplicaciones del panel juega en esto un rol importante. La distribución de su uso en el país cambió en los últimos doce años. Desde un 70% de su aplicación a la industria del frío y un 30 % a la industria de la construcción, hacia una distribución actual inversa con un 70% orientada a la construcción con una tendencia que además es creciente.

2. EL PANEL AISLANTE

La norma Europea EN14509 [4] define al panel sándwich como sigue:

“Es un producto de construcción que consiste en dos caras metálicas colocadas a cada lado de un núcleo aislante térmico, que está firmemente unido a ambas caras de manera que los tres componentes actúan conjuntamente cuando se someten a carga”.

Todos los paneles están compuestos por tres capas, es decir, dos exteriores y un núcleo. Una de las caras exteriores quedará en la parte externa del cerramiento y la otra, en la parte interior del mismo. En particular, los paneles tipo sándwich son aquellos que tienen sus dos caras exteriores metálicas. Aunque la definición de la norma citada es muy precisa, la misma aplica sólo a los paneles aislantes tipo sándwich. Sin embargo, no todos los de uso más frecuente en el mercado y en la industria de la construcción son del tipo sándwich, como veremos a continuación.

Las tres capas de un panel aislante tienen diferentes variantes: en el panel tipo sándwich, las caras que quedan a la vista son metálicas, en general de chapa de acero al carbono, con un espesor que frecuentemente es de 0,5 mm, aunque otros espesores mayores son también posibles, tales como 0,7 mm o 1 mm. Las mismas tienen diversas terminaciones superficiales como puede verse en la figura 1 y más en detalle en el punto 3. Pueden ser galvanizadas, cincalum, pre pintadas de colores en una amplia gama estándar, y también de diseño, con imitaciones de distintas texturas. Además, dependiendo del uso o aplicación donde se vaya a utilizar el panel, puede tener otros tipos de materiales en alguna o en ambas de sus caras superficiales. Este es el caso de los paneles con PRFV (lámina de plástico reforzado con fibra de vidrio de 2 mm de espesor). También, el Grupo LTN ofrece la versión “Foilroof” en la que una de sus caras, la que va en el lado interior del cerramiento, es una lámina de polipropileno con espesor de 0,3 mm que actúa como barrera de vapor mientras que la otra es metálica. La versión PRFV es utilizada en cerramientos industriales de la industria alimenticia, más precisamente en algunos secaderos, donde la niebla salina del ambiente afecta la vida útil de las terminaciones metálicas.

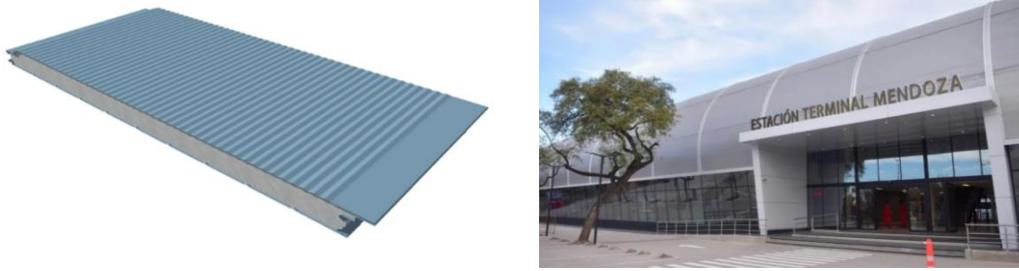


Figura 1 Panel aislante de muro, forma superficial: tableteado, aplicado en forma apaisada.

En relación a su núcleo, los paneles presentan diferentes variantes:

- **EPS:** del inglés *expanded polystyrene* es decir, poliestireno expandido (más conocido en Argentina como telgopor).
- **PUR:** *polyurethane* o poliuretano.
- **LRM:** Lana de Roca Mineral.
- **PIR:** que es una versión del Poliuretano con agregado de químicos que producen un efecto retardante de la llama y menor emisión de gases.

El panel es un material compuesto apto para usarse como envolvente exterior o interior, tanto en muros como en cubiertas de cualquier tipo de edificio. La flexibilidad del sistema permite que pueda montarse sobre cualquier estructura soporte, es decir que ofrece total libertad en la elección de la estructura portante. Su manera de fijarlo es simple, con tornillos autoperforantes, y en su instalación se requiere además el uso de selladores y perfilería para cierres y terminaciones. Esta última varía en cada proyecto particular dependiendo de la impronta que el diseñador le quiera dar.

El método constructivo con paneles es compatible con todo tipo de estructuras: metálicas (acero, aluminio o galvanizadas), hormigón armado, así también como madera. Un dimensionamiento apropiado del conjunto estructura-cerramientos permite hallar una muy buena solución de compromiso entre el espesor del panel y las luces entre sus apoyos tanto en muros como en cubierta. Esto, comparativamente con la construcción tradicional, trae asociado una reducción de costos de la estructura soporte, como así también de la mano de obra del montaje.

Los distintos tipos de panel presentan un ancho de fabricación y un ancho útil instalado, siendo este último generalmente de un (1) metro o valores cercanos. En cuanto al largo del panel, su rango está comprendido entre los 2,5 y los 14 metros, permite a los constructores trabajar cómodamente con la modulación adecuando los largos más convenientes a cada caso. Si se comienza desde el diseño con este concepto, es posible optimizar al 100% el aprovechamiento del panel. De esta manera, se logra trabajar de una manera eficiente, rápida y racionalizada acelerando los tiempos de montaje de obra. Sus encastres “macho-hembra”, junto con los sellados, generan una excelente hermeticidad evitando posibles filtraciones, y sin necesidad de pinturas o terminaciones costosas tanto en materiales necesarios como en tiempos.

La utilización del panel hace posible un sistema constructivo en seco, sustentable, resistente, flexible y con excelente capacidad aislante entre otras tantas propiedades, tanto estéticas como funcionales que se describen más adelante.

3. SUSTENTABILIDAD Y AHORRO ENERGÉTICO

“*Estamos adentro de un pozo profundo y seguimos cavando*” mencionó Antonio Guterres, secretario general de la ONU en la reunión cumbre de Cambio climático y Medio Ambiente celebrada en Madrid en diciembre del 2019. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU, la población mundial debe reducir sus emisiones de CO_2 en 2030 en aproximadamente un 45% con respecto a los niveles de 2010 y llegar a cero neto en 2050 para garantizar que se alcance el límite de temperatura de un incremento de 1,5 °C por encima de los niveles de la era preindustrial.

El panorama actual no es bueno, y las atípicas manifestaciones climáticas que se perciben día a día en distintos puntos del planeta son un recordatorio de esto. El cumplimiento de los objetivos trazados en el acuerdo de París del 2015 no ha sido hasta ahora suficiente. Debemos, como naciones y como individuos, dejar de actuar como si el problema fuera del otro. Desde una perspectiva positiva comienza a notarse una toma de conciencia progresiva que empieza a generar cambios de comportamiento individual con un pensamiento a largo plazo que podría, todavía, revertir esta tendencia y lograr los objetivos trazados.

Cualquier persona o institución que decide construir una vivienda, o un edificio comercial o industrial, tiene en sus manos la posibilidad de hacer una elección entre diversas alternativas que hoy están en el mercado. Y desde ese lugar poder hacer una contribución hacia el ahorro energético y al uso de materiales amigables con el medio ambiente. En tal sentido, mientras mejor aislamiento

térmico posea un edificio, será menor el esfuerzo de energía primaria para climatizarlo a lo largo de su vida útil. Y por otro lado, mientras menor haya sido el esfuerzo energético para producir un determinado material de construcción, menor habrá sido el impacto sobre los recursos energéticos disponibles y sobre la contaminación del medio ambiente.

En ese sentido, el panel aislante muestra un muy buen desempeño a la hora de compararlo con otros materiales de la construcción tradicional.

3.1.1 Estudio Comparativo del desempeño térmico

Especialistas de LTN realizaron un estudio comparativo del desempeño térmico del panel aislante para un cerramiento 60 m² de superficie útil y 129 m² de superficie total de envolvente [5]. Se utilizó un modelo matemático estacionario para simular el comportamiento térmico de una vivienda unifamiliar situada en la ciudad de Mendoza, zona bioclimática tipo IV- a, según la norma IRAM 11.603. Bajo la misma geometría, orientación y dimensiones del edificio, se consideran 9 escenarios constructivos diferentes. Los escenarios 1, 3, 4, 5, 6 y 8 están resueltos con diferentes variantes de la construcción tradicional. Los escenarios 2, 7, y 9 contienen paneles aislantes con núcleo PUR de 50 mm de espesor, en muros y cubierta en 2 y 9, y sólo en cubierta en el 7. La diferencia entre el 2 y 9, es que este último tiene carpinterías de alta gama en cuanto a las filtraciones de aire y aislación térmica.

A continuación, en la figura 2 se muestran parte de los resultados obtenidos en el análisis:

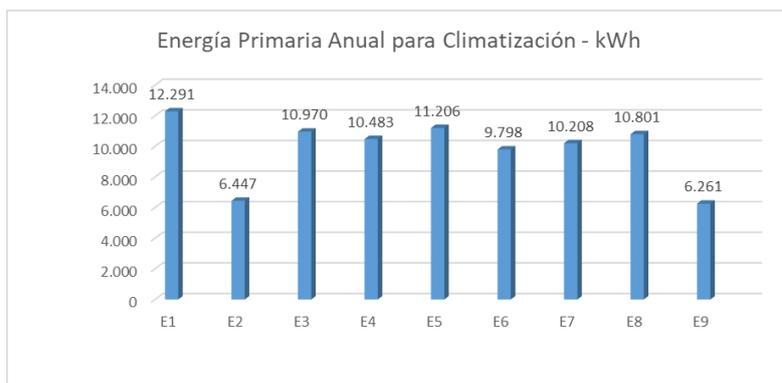


Figura 2 Comparación de energía primaria consumida para climatizar la misma vivienda construida de 9 formas diferentes.

Es notable la diferencia de consumo energético que se logra cuando la envolvente está resuelta con paneles aislantes como lo muestran los escenarios 2 y 9 frente a los demás.

3.1.2 Estudio Comparativo de la energía embebida en los materiales constructivos

El material del escenario 2 para la envolvente está constituido por paneles sándwich con núcleo PUR de 50 mm de espesor y revestimiento metálico en ambas caras de chapa de acero prepintada de 0,5 mm de espesor.

La energía primaria necesaria para producir la espuma rígida de poliuretano es aproximadamente de 834 kWh/m³ [3]. A partir de esta referencia y de mediciones propias en las plantas de producción de LTN, se ha determinado la energía promedio necesaria para producir 1 m² de panel sándwich 50 mm de espesor en un valor de 92,23 kWh/m².

De la misma manera se realizó el cálculo de la energía embebida en los materiales de la construcción tradicional del escenario 4 del estudio comparativo basado en índices de la referencia [5]. Este escenario resuelve el edificio con una cubierta de teja cerámica + lana de fibra de vidrio de 50 mm de espesor + mampostería de ladrillo de cerámica macizo + revoque de cemento de 20 mm de espesor. La energía total para la producción de estos materiales resultó en 272 kWh/m² para los materiales de los muros y 66 kWh/m² para los de la cubierta. De allí surge que para la superficie envolvente del caso de estudio, resulta una energía embebida total de 22.645 kWh en el escenario 4 y de 11.902 kWh en el escenario 2.

Los resultados obtenidos en 3.1.1 y 3.1.2 muestran lo siguiente:

- La energía necesaria para producir los paneles es el 53% de la energía necesaria para producir los materiales de la construcción tradicional.

- El ahorro anual de energía de climatización del escenario 2 respecto del 4 es del orden del 40%, y con respecto al escenario 1, es del orden del 50%.
- El escenario 2, al final del segundo año de la vida útil del edificio, genera un ahorro de energía equivalente a la energía gastada en la producción de sus materiales.
- La cadena de valor en la producción del panel, genera trabajo formal en todos sus procesos con un impacto social positivo tanto en la fabricación del producto como en el montaje del mismo ya que ha gestado el nacimiento de un nuevo oficio. Este último, caracterizado por su facilidad de manipulación, permite una inclusión social importante.
- En contraste con el punto anterior, la producción de ladrillos cerámicos macizos en el país presenta una gran cantidad de pequeños productores, muchos de los cuales generan trabajo infantil e insalubre con un impacto social negativo.
- Por último, los materiales que integran el panel aislante son altamente reciclables al final de su vida útil, estimada en un promedio de 40 años, con un impacto ambiental positivo.

4. OPCIONES Y VENTAJAS AL CONSTRUIR CON PANELES AISLANTES

La construcción con paneles aislantes ofrece un espectro amplio de posibilidades que pueden ser muy bien aprovechadas, considerando las ventajas que ofrece el panel tanto desde el punto de vista estético como funcional. A continuación, en la figura 3, se muestran algunos ejemplos de distintos tipos de construcción aplicando paneles aislantes:



Figura 3: Diversas posibilidades de utilización del panel aislante.

Cubriendo todas las necesidades que plantean las aplicaciones residenciales, comerciales, institucionales e industriales, el uso del panel se expande día a día ofreciendo una amplia gama de productos como los mostrados a continuación:

El grupo empresario LTN ofrece más de 2.000 productos diferentes de panel con distintas combinaciones de formatos, núcleos, espesores y colores, como se muestra en la figura 4. A diferencia de otros productos de la construcción tradicional, el panel aislante tiene una terminación estética de excelente calidad conformada por una chapa pre pintada con protección superficial de 65 μm que se compone de: 40 μm de galvanizado o cincalum, 5 μm de primer anticorrosivo de resina de base poliéster, y 20 μm de acabado superior de poliéster regular de alta durabilidad, o siliconizado según el color solicitado.



Figura 4 Diversos tipos de paneles según su núcleo y aplicación.

4.1 Ventajas al construir utilizando paneles

Son varias las ventajas y beneficios que se obtienen al construir utilizando paneles aislantes, si se lo compara con el método de construcción tradicional. Las más relevantes se describen a continuación:

- **Versatilidad arquitectónica y de proyecto:** ya que el producto puede utilizarse en proyectos nuevos y existentes, de distintas aplicaciones como residenciales, comerciales, institucionales e industriales, cumpliendo con altas exigencias arquitectónicas y adaptándose a cualquier sistema constructivo empleado.
- **Economía en la climatización del Ambiente:** Gracias a las excelentes propiedades de aislación térmica de los paneles, se logra un ahorro energético y económico frente a la utilización de otros materiales.
- **Amigable con el medio ambiente:** ya que su instalación no implica consumo de agua y, además, gracias a la aislación térmica lograda, la climatización del edificio resulta ser más económica y reducir notablemente las emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- **Instalación rápida:** Con una velocidad 5 (o más) veces superior a la de la mampostería y techos tradicionales, lo que se traduce en reducción de costos de mano de obra.
- **Anticipación del capital invertido:** Gracias a la rapidez de instalación que anticipa la entrega de la obra, el retorno de la inversión comienza más rápidamente.
- **Liviano y de fácil manipulación:** lo que permite, además de reducir tiempos de montaje, ampliar el espectro de aspirantes al oficio de instalación.
- **Previsibilidad en el transporte y dimensionamiento estructural:** En consecuencia, de lo expresado anteriormente, el traslado es más sencillo y la estructura de soporte del cerramiento disminuye significativamente su volumen.
- **Producción automatizada y continua:** en un formato rectangular cuyo largo varía a la medida de cada necesidad, lo que permite maximizar el aprovechamiento del material, minimizando cortes y residuos en obra.

4.2 Propiedades Térmicas y Acústicas de los Paneles

4.2.1 Resistencia Térmica

Sin lugar a duda, la aislación térmica es la característica más importante del panel sándwich. Aislar térmicamente un edificio consiste en lograr aumentar su resistencia al flujo de pérdidas de frío o de calor. Esto se consigue incorporando buenos materiales aislantes combinado con una adecuada instalación de los mismos. Algunas ventajas de un buen aislamiento son:

- ✓ Reducir la factura energética del usuario;
- ✓ Mejorar el rendimiento de las instalaciones térmicas;
- ✓ Mejora el confort y el bienestar del usuario;
- ✓ Disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero (principalmente CO₂);
- ✓ Eliminar condensaciones y mejorar el aislamiento acústico;
- ✓ Añade valor al edificio;
- ✓ El aislamiento no necesita mantenimiento durante toda la vida útil del edificio.

El parámetro que da el fabricante del panel en la hoja de datos técnicos es la conductancia térmica expresada en $kcal/h^{\circ}k m^2$ o en $W/^{\circ}k m^2$. La misma, es uno de los elementos necesarios que se utilizan en el cálculo de la carga térmica de invierno y verano de un cerramiento. Siendo esta carga lo que determinará la potencia y la energía necesaria para climatizarlo. Esta característica está relacionada a la conductividad del material y su espesor.

En la ilustración, de la figura 5 se observan los espesores de diversos materiales de la construcción con diferente conductividad térmica, tal que su resistencia (inversa de la conductancia) al flujo del calor por conducción es la misma en todos los casos e igual a $2,27 m^2 \text{ }^{\circ}k/W$. Es fácil notar que la aislación térmica que logra un panel de 50 mm de espesor con núcleo de espuma rígida de poliuretano es la misma que se logra con una pared de ladrillos de 1,36 m de espesor. Es decir que el poliuretano es 27 veces mejor aislante térmico que el ladrillo. Este aspecto es fundamental a la hora de construir pensando en el ahorro energético que se logrará para mantener calefaccionado un ambiente en invierno o refrigerado en verano.



Figura 5 Espesores de muros de distintos materiales con distinta conductividad e igual conductancia térmica.

4.2.2 Aislación y Absorción Acústica

El aislamiento acústico o insonorización tiene como objetivo que los ruidos provenientes del exterior no ingresen al ámbito que se desea proteger y en forma inversa, los ruidos que se producen en este no contaminen a vecinos. En cambio, la *absorción* significa controlar las reflexiones producidas por ruidos generados en el interior, y reducirlas mediante absorción acústica, transformando parcialmente energía sonora en energía térmica.

Cuanto mayor es la masa de un elemento constructivo, menor es su frecuencia de vibración propia y mayor es el aislamiento acústico. Si bien el método constructivo liviano contradice esta ley física, el cumplimiento de ambos requerimientos es posible. Un panel sándwich de PUR (Poliuretano) de 60 mm de espesor total tiene un "índice de reducción acústica aparente compensado" $R_w = 25$ dB. Para muchos requerimientos proyectuales como en construcciones industriales y naves, este índice de reducción acústica es suficiente, sin embargo, para espacios con mayores requerimientos, es tarea del proyectista adoptar disposiciones de combinación de materiales y elementos adecuados, para obtener aislamiento y absorción acústica óptimos.

La absorción acústica (α_s) depende de la estructuración superficial. Superficies planas y acústicamente duras (como un vidrio) reflejan más el sonido que materiales blandos con pequeñas superficies irregulares. Buenos absorbentes porosos son los materiales fibrosos, espumas flexibles de celdillas abiertas y textiles como alfombras y cortinas.

En el caso de recurrir a paneles de espuma flexibles de PUR, se logra una absorción acústica de hasta 0,60 (hasta un 60% de la energía sonora incidente). Si se busca una mejor respuesta se recomienda un panel con núcleo de lana de roca mineral (LRM) con una de sus caras micro perforada, ya que reduce ondas y reverberaciones sonoras cercanas a un atenuador acústico ideal. Con este producto se obtienen valores de aislación acústica de hasta $R_w = 35$ dB y valores de absorción acústica de hasta $\alpha_s = 0,95$, siendo $\alpha_s = 0$ una reflexión total y $\alpha_s = 1$ una absorción total.

5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PANELES AISILANTES

5.1 El efecto Sándwich

Para interpretar esta cualidad del panel, íntimamente relacionada con la resistencia mecánica, se compara la performance frente a las cargas de los materiales por separado versus el conjunto unido.

En primer lugar, según la figura 6a, se analiza el comportamiento de las capas individuales de chapa de acero y el núcleo, donde, conceptualmente y en forma exagerada, habrá una luz para la cual los tres elementos no resisten ni su propio peso.



Figura 6a Desempeño de 3 elementos independientes.



Figura 6b Desempeño del panel.

En cambio, al adherir dos caras metálicas a un núcleo aislante se da origen al denominado “efecto sándwich”, figura 6b, lo que significa que los tres elementos responden a los esfuerzos mecánicos comportándose como un material compuesto. Las caras, por su parte, resisten casi todas las cargas en el plano y momentos flectores fuera del mismo, proporcionando rigidez a flexión gracias a su alto módulo de elasticidad comparado con el del núcleo, y además por su mayor distancia del eje neutro. El núcleo, a su vez, proporciona esa distancia entre las caras y les transmite el cortante como una flexión alrededor del eje neutro. A partir de lo expuesto, el comportamiento del conjunto es similar al de una viga doble T, donde los revestimientos actúan de forma similar a las alas, soportando las cargas a flexión mediante tracción en ala inferior y compresión en ala superior, mientras que el núcleo resiste a las cargas de corte transversal, tal como lo hace el alma de la sección mencionada.

5.2 Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica del panel queda enmarcada por dos estados límite: el estado límite de servicio (ELS) y el estado último de carga (ELU). El criterio práctico de la norma [4] establece, en ausencia de información en la normativa nacional, los siguientes valores recomendables como límite aceptable de deformación por pandeo cuando el panel es sometido a una carga uniformemente distribuida, siendo lo expuesto el valor de la flecha máxima $f_{m\acute{a}x}$:

Para Cubiertas y Techos:

- $f_{m\acute{a}x} < \frac{L}{200}$ para carga a corto plazo
- $f_{m\acute{a}x} < \frac{L}{100}$ para carga a largo plazo (incluyendo la fluencia)

Para muros:

- $f_{m\acute{a}x} < \frac{L}{100}$

Si las restricciones anteriores se cumplen, el desempeño del producto permitirá que no ocurra ningún evento que pueda llegar a vulnerar la performance del mismo en estado de servicio.

A su vez, los fabricantes de paneles tienen la responsabilidad de brindar al usuario final datos técnicos del producto exhibiendo cargas límites para distintas luces, tal que producen una flecha de deformación específica, por lo general, igual a la luz libre/200.

Las planillas de datos técnicos de los paneles fabricados por LTN obedecen a resultados obtenidos mediante ensayos mecánicos y cálculos. En relación a esto, resulta importante resaltar lo siguiente:

5.3 Ensayos Mecánicos

La norma europea [4] especifica la metodología a seguir para ensayar un panel a flexión y obtener la curva deformación – carga.

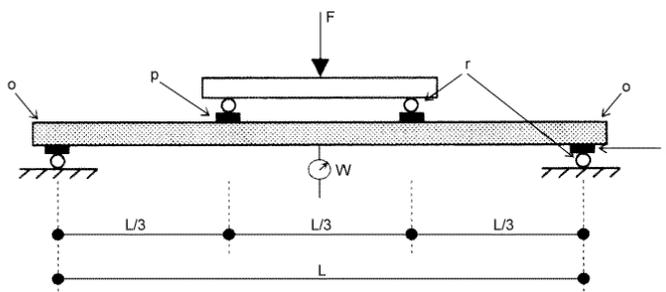


Figura 7 Esquema del ensayo de deformación del panel sometido a carga de flexión – Norma Europea [4].

Los ensayos que realiza el INTI en Argentina siguen la metodología de la Norma IRAM 11.598 [9], la cual es similar a la de la norma Europea.

A partir de la experiencia de LTN, basada en ensayos propios, el grupo de profesionales a cargo recomienda la adición de dos distanciómetros en la metodología empleada en ambas normas, uno por debajo de cada apoyo. Al tratarse de un material heterogéneo, al momento de aplicar carga sobre la muestra, en estos puntos la sección transversal sufre aplastamiento elástico puntual, resultando en una altura variable a lo largo del elemento. En la práctica, este fenómeno se evidencia por un corrimiento de la lectura del distanciómetro central cuyo valor, en consecuencia, debe ser corregido. Este efecto se manifiesta con mayor intensidad cuando el panel en cuestión no es tipo sándwich, es decir, aquel que contiene únicamente una de sus caras externas de chapa. Aun así, es recomendable usar 3 distanciómetros para todo tipo de paneles.

Otra forma de resolver este error es midiendo la flecha (descenso de un punto particular del elemento) con respecto a un hilo tensado entre apoyos, colocado al iniciar el ensayo, el cual mantiene su posición constante durante toda la experiencia.

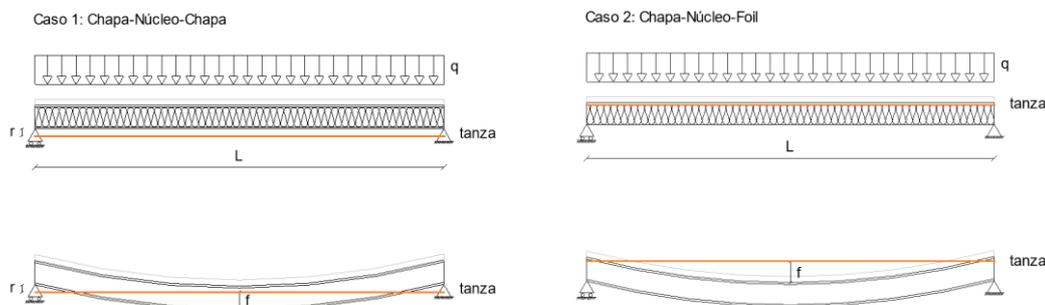


Figura 8a Medición en panel sándwich.

Figura 8b Medición en panel foil.

Existen dos casos posibles: cuando se ensaya un panel cuyos revestimientos son de chapa, el hilo de referencia puede colocarse a una distancia “R” desde el filo inferior del elemento, y la flecha será la distancia entre el punto medio de la chapa inferior y este hilo, como lo muestra la figura 8a. El hecho más complejo se desarrolla cuando se ensaya un panel con chapa únicamente en su revestimiento superior. Para ello, se coloca nuevamente el hilo tensado entre apoyos, pero esta vez paralelo a la cara superior, y una vez flectado el elemento, la flecha se mide como la distancia entre la nueva posición del punto medio de la cara superior y este hilo. Este último caso presenta una dificultad adicional por el aplastamiento puntual en apoyos mencionado anteriormente, pero mediante esta solución recomendada, figura 8b, se puede obviar este descenso inicial y medir pura y exclusivamente la flecha.

5.4 Cálculos por el método Analítico

Para este ensayo, de una viga isostática sometida a carga uniformemente distribuida, la teoría clásica de la resistencia de los materiales establece la ecuación para el cálculo de la deformación por flexión.

Por su parte, la inercia de la sección transversal del panel se calcula con ecuaciones empíricas obtenidas transformando la sección rectangular del mismo a una equivalente de plástico sólido, resultando en una sección doble T. Esta variable depende del espesor de las pieles exteriores, del ancho del panel y de la relación cuadrática de las densidades del material del núcleo y de las pieles [9], como se muestra en la ecuación (1).

$$I_S = \frac{b \cdot (e_N + e_{P1} + e_{P2})^3}{12} - \frac{b \cdot e_N^3}{12} + \left(\frac{\rho_N}{\rho_P}\right)^2 \cdot \frac{b \cdot e_N^3}{12} \quad (1)$$

Donde:

- A: área de la sección transversal del Panel en m²
- b: ancho del panel en m
- e_P: espesor de la piel del panel (piel simple) en m
- e_N: espesor del núcleo en m
- ρ_N: densidad del núcleo en kg/m³
- ρ_P: densidad de la piel en kg/m³

Para los paneles sándwich, por tratarse de materiales compuestos, las ecuaciones de flecha de la teoría clásica no son precisas y se requiere usar fórmulas especiales como las recomendadas en la bibliografía [3] y [4]. Ésta última ofrece en particular un apéndice con ecuaciones que permiten calcular la flecha de deformación en estos elementos con una precisión aceptable, sin embargo debe ser respaldada y ajustada por factores de corrección obtenidos de múltiples ensayos.

6. ENCUNTROS Y PERFILERÍA DE TERMINACIÓN

6.1 Generalidades

Los encuentros constructivos dentro del sistema de paneles constituyen un aspecto relevante ya que dichos encuentros resuelven temas funcionales, sanitarios, estéticos y de terminación.

El montaje de los paneles tiene dos fases, una que es de obra gruesa donde la unión o encastre entre 2 paneles que están sobre un mismo plano se realiza con un avance rápido ya que se trata de tareas repetitivas de aproximación, posicionamiento y fijación de cada pieza. [10]

La segunda fase tiene que ver con las uniones de paneles que están en distintos planos. Esto es: muro-cubierta, muro-piso y muro con muros en distintos planos. Estos encuentros definen aristas horizontales y verticales en el cerramiento y las mismas deben tener una terminación funcional y estética que armonice con el resto del cerramiento.

En dichos encuentros se deben asegurar dos factores importantes:

- Aislación hidráulica y barrera de vapor, cuya función es asegurar la estanqueidad del cerramiento y así impedir el ingreso de agua de lluvia y filtraciones de aire. Esta aislación se materializa a partir del uso de perflería o zinguería y sellados a fin de lograr una perfecta hermeticidad y una excelente terminación.
- La aislación térmica continua, cuya función es evitar los puentes térmicos entre los componentes del cerramiento y la condensación debido a los gradientes espaciales de temperatura. Esta aislación se lleva a cabo generando una continuidad en el núcleo de los paneles de encuentro, siempre correctamente sellados.

6.2 Resolución de muros y piso

En los cerramientos verticales, se puede tomar como ejemplo la perflería de anclaje a una base, tal como una platea de fundación o un murete, sobre la cual se apoyará el muro de paneles. La resolución de este encuentro es muy importante, ya que el perfil metálico de chapa que vincula el cerramiento con el piso, debe evitar la filtración de agua del exterior y también darle un cierre “estético” y de terminación a la fachada.

Se muestra a continuación, en la figura 9, dos ejemplos puntuales de este encuentro. El primero, 9a, un perfil Tipo “Z” con un perfil “S” de terminación por delante. Este perfil tipo Z evita el ingreso de agua y es el apoyo de los paneles. Por otro lado, el perfil S tapa da una terminación prolija. Su modo de fijación se realiza con remaches o tornillos autoperforantes y sellador. La segunda opción, un perfil tipo U fijado al piso con tarugos para luego encastrar el panel en este, también con su debido sellado. Esta solución se utiliza mayormente en cámaras frigoríficas o en ambientes no frigoríficos que se ubiquen en recintos cerrados a resguardo de la intemperie.



Figura 9a Perfil Z + perfil S para exteriores.



Figura 9b Perfil U para interiores.

6.3 Resolución de esquinas

Las esquinas constituidas por dos muros se resuelven con perfiles tipo Angulo L como se muestra en la figura 10. Este tipo de perfil puede usarse tanto en exteriores como en interiores y su función no solo es brindar una barrera hidráulica sino también, darle terminación a la arista de esquina y ocultar las posibles imperfecciones de los cortes de panel.

Ambas alas de este perfil deben estar selladas con sellador poliuretánico para asegurar la aislación hidráulica del sistema. Así mismo la fijación se realiza a través de remaches pop o tornillos autoperforantes. En cuanto a la aislación térmica en esquina, se debe asegurar que sea continua a fin de no generar pérdidas o ganancias de energía calórica por puentes térmicos. Esta continuidad se materializa realizando un corte en L en uno de los paneles para que el otro se inserte aumentando así la superficie de contacto del poliuretano. Esta superficie también debe ser sellada en sus dos caras tal como se muestra en las imágenes siguientes.

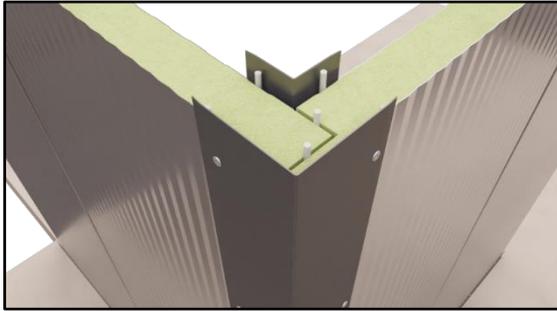


Figura 10a Perfil L exterior.



Figura 10b Perfil L interior.

6.4 Resolución de aberturas / vanos

Los encuentros entre paneles y carpinterías se resuelven mediante un perfil U, como muestra la figura 11, el cual recorre todo el perímetro del vano. Este perfil U es idéntico al detallado anteriormente para encuentros de piso y su función es asegurar la hermeticidad y crear la rigidez necesaria para vincular el marco de las carpinterías con el muro de paneles.



Figura 11a Vano Exterior.



Figura 11b Vano interior.

6.5 Resolución de cubiertas

En los casos de encuentros entre paneles de techo, la resolución no es distinta a las anteriores. Se trata de zinguerías que vinculan faldones de cubierta en sus distintas situaciones posibles. Esto es: en cumbrera a dos aguas, cumbreras y muros (figura 12), faldón aguas abajo con canaletas, cierre lateral de faldones o bien faldones con pases para instalaciones, etc.



Figura 12a Cumbrera.

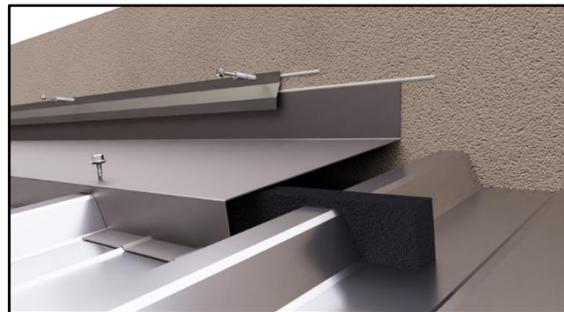


Figura 12b Babera superior contra muro.

6.6 Montar Paneles, un nuevo oficio

El estado del arte en el montaje de los paneles y la resolución de los detalles constructivos y terminaciones es un conocimiento poco difundido pero que está en un proceso de plena expansión. La Escuela de Montajes del grupo LTN impulsa la divulgación de este conocimiento mediante jornadas de capacitación teórico-prácticas que contribuyen progresivamente a la formación de un nuevo oficio dentro de la industria de la construcción. Esto posibilita un ámbito propicio para generar un movimiento social ascendente creando nuevas fuentes de trabajo tanto para hombres como para mujeres.

7. BIM A LA OBRA

Como complemento de las herramientas de gestión de proyectos, la incorporación de la metodología BIM [11] al Grupo LTN viene a reforzar el trabajo colaborativo favoreciendo intercambio de información fluida entre los diferentes actores en la vida útil de una obra.

La metodología BIM implementada, consiste en generar una base de datos que permite realizar una preconstrucción de la obra en el sistema informático. La información contenida en los

modelos admite obtener mediciones y presupuestos, facilitando la planificación en la etapa proyectual. Y posibilita pasar por los procesos productivos industriales hasta la materialización del proyecto, con una visión 360° en la gestión integral como lo muestra la figura 13.

Lo que el BIM logra es anticipar estas dificultades en el modelo digital, resolverlas en ese momento y llegar a la obra con definiciones ajustadas y en consecuencia reduciendo los costos, ajustando los tiempos y asegurando una mayor calidad de mano de obra.

Esta metodología, además, complementa la gestión de proyectos, permite prever y solucionar los problemas antes que sucedan, facilita la integración y coordinación en el trabajo colaborativo, optimiza la planificación de costos, tiempos y alcance. En otras palabras, simula el comportamiento de un proyecto optimizándolo en la etapa de diseño y en el proceso de gestión.

La implementación de la metodología BIM y sus herramientas brinda información en los modelos y genera un amplio espectro de posibilidades:

1. Consultar en múltiples plataformas facilitando procesos sinérgicos de colaboración.
2. Realizar una réplica virtual del proyecto a través de su gemelo digital para todas las etapas de su ciclo de vida.
3. Actualmente la Oficina Técnica de LTN está elaborando las familias BIM de paneles aislantes y productos asociados, para dejarla disponible en la web, a disposición de los profesionales que requieran utilizarlas en sus proyectos. Allí encontrarán en breve las características físicas y técnicas del portfolio de productos LTN (paneles, equipos, carpinterías, etc.) con información geométrica y no geométrica dedicada a cada especialidad.
4. La gran ventaja de trabajar con una base de datos unificada es la gestión efectiva de la información de cada proyecto, validándola antes de iniciar la obra o ejecutar una tarea. El hecho que sea posible validar las características de la obra anticipadamente, implica entender que en el momento del proyectar se debe poner en acción el “*know how*” en una etapa temprana y obtener múltiples ventajas de esto. Así se rompe el hábito tradicional que posterga esta instancia a etapas constructivas posteriores, donde resolver y corregir problemas resulta oneroso. Esto ha significado un cambio de paradigma en la industria de la construcción, una proyección virtual, una construcción virtual de todo el proceso de obra.
5. Las simulaciones permiten optimizar el consumo energético y el comportamiento sustentable del proyecto tanto en las etapas constructivas como cuando entre en régimen y funcionamiento.

El cambio más importante no es el de software ni el del hardware, sino entender que implica un cambio de procesos y de gestión durante la vida de los proyectos.

La incorporación de la metodología BIM brinda la experiencia de construir antes de construir. Tener el control global anticipado de la obra que permite mantener en forma continua y actualizada la información, entregársela al propietario para su mantenimiento, modificaciones y actualizaciones durante el ciclo de vida del proyecto.



Figura 13 Aspectos y Niveles de la Metodología BIM.

8. CONCLUSIONES

Se han presentado en una forma somera los distintos aspectos que resaltan las bondades de una nueva forma de construir. En ella confluyen los materiales del panel aislante que son resistentes y a la vez livianos, amigables con el medio ambiente y con una metodología de montaje que es simple, rápida y no contaminante. También convergen, en la misma dirección, los medios disponibles que brinda la tecnología para gestionar proyectos de construcción, todos orientados a la mejora continua en una apuesta ganar-ganar. Una buena combinación que logra aprovechar eficientemente los recursos disponibles hoy para hacer posible un futuro mejor y sustentable.

9. REFERENCIAS

- [1] *Global Sandwich Panels Market 2019 Report*, 360 Research Reports.
- [2] *Sandwich panels supporting grow with an established and proved technology*. Kristof Dedecker, Joris Deschaght, Ravindra Kumar – 2006.
- [3] *Métodos Constructivos con Paneles Sándwich* – Libro – Rolf Koschade.
- [4] UNE EN 14509 – *Paneles Sándwich Aislantes Autoportantes de Doble Cara Metálica* – 2014 – Norma Unión Europea.
- [5] *Análisis de la eficiencia energética en cerramientos con paneles aislantes*, Héctor Piriz, Gustavo Pelayes - Nov 2019 – Informe Técnico del grupo LTN.
- [6] Hammond, G. P. and Jones C. I. (2008) *Embodied Energy and Carbon in Construction Materials* - Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy, 161(2). pp. 87-98. ISSN 1751-4223 - University of Bath - U. K.
- [7] Norma IRAM 11.603 – 2012: *Acondicionamiento Térmico de Edificios – Clasificación Bioambiental de la República Argentina*.
- [8] Norma IRAM 11.598 – 1997 Estructuras - Elementos Prefabricados Lineales – Ensayo de Flexión.
- [9] Carlos Navarro, Paneles Sándwich – Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras – Universidad Carlos III de Madrid.
- [10] Escuela de montajes LTN – Módulo 2, Capítulo 3: *El montaje paso a paso* – agosto 2018.
- [11] BIM FORUM - SIBIM - Plan BIM - CAC - M. Lucrecia Real.

Análisis de la factibilidad del uso de Hidrógeno en turbina a gas KingTech K-100

Lipchak, Nicolás; Parmelo, Gisela; Soria, Milagros

*Facultad Regional Buenos Aires
Universidad Tecnológica Nacional.*

lipchakster@gmail.com; giselaparmelo@gmail.com; milagrosa.soria@hotmail.com

RESUMEN

El grupo de investigación apunta a investigar sobre el uso de hidrógeno como combustible en una turbina a gas Kingtech K-100. Por el momento, debido a la situación epidemiológica actual, sólo se pudo realizar la simulación en el programa ASPEN HYSYS, la cual es necesaria para comenzar a realizar los primeros ensayos experimentales para tener los resultados aproximados esperados. En la simulación se obtuvo el caudal de hidrógeno necesario para arrancar la turbina sin que ésta sufra daños. Los parámetros medidos serán utilizados para calcular la potencia generada y la eficiencia de propulsión de la turbina KingTech K-100.

Palabras Claves: KingTech, hidrógeno, turbina, eficiencia.

ABSTRACT

The research group aims to investigate the use of hydrogen as fuel in a gas turbine KingTech K-100. At the moment, due to the current epidemiological situation, the simulation could only be performed in the ASPEN HYSYS program, which is necessary to start the first experimental tests to obtain the expected approximate results. The simulation obtained the hydrogen flow rate needed to start the turbine without damage. The measured parameters will be used to calculate the power generated and the propulsion efficiency of the KingTech K-100 turbine.

Keywords: KingTech, hydrogen, turbine, efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la situación ambiental en la que nos encontramos hoy, es necesario cambiar los hábitos que tenemos día a día por otros en los que no dañemos nuestro medio ambiente. Una opción para los cambios de hábitos, implica el uso de hidrógeno como combustible para reducir emisiones de CO₂. Por lo tanto, este trabajo tiene como fin utilizar hidrógeno y oxígeno como combustible en una turbina a gas KingTech K-100, que usualmente funciona con Diesel, kerosene o Jet A como combustibles. La turbina fue previamente instrumentada con el fin de poder medir los parámetros inherentes al ciclo de trabajo tales como temperaturas, presiones, caudales de aire y combustible, empuje y r.p.m. [1]

Nuestro objetivo es verificar qué tan eficiente es el uso de este combustible en la turbina sin realizar modificaciones en el diseño de la misma.

Especificaciones técnicas del Hidrógeno utilizado:

GASES	***BOTELLA							
	Tipo*	Dimensiones aprox.		Presión Máx.	Capacidad aprox.			Peso aprox.
		Largo mm.	Diámetro mm.	Kg./cm ²	Gas m ³	Kg	Agua L	Kg
Oxígeno	5 H	570	145	200	1	5		10
Nitrógeno				300***	1,5	5		10,5
Argón	20 H	950	207	200	4	20		36
Mezclas Soldadura				300***	6	20		38
Helio	30 H	1.240	230	300***	9	30		71
Hidrógeno	F50 L	1.680	230	200	10	50		85
				300***	15	50		95
Acetileno	40 L	1.345	230	18**		7	40	83
CO ₂	50 L	1.680	330			37,5	50	105

Disposición de los equipos en el laboratorio:

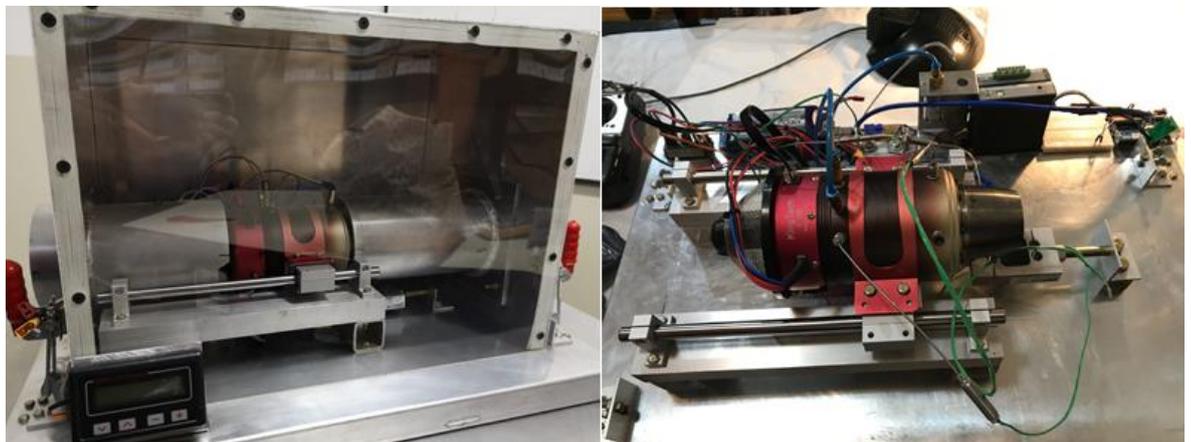


Figura 1 - Principales componentes de la turbina

En estas fotos podemos ver los componentes principales: Compresor - Cámara de Combustión - Turbina - Tobera. Incluyendo los instrumentos:

- Termocupla para medir temperatura del aire de entrada al compresor.
- Termocupla para medir temperatura a la salida del compresor/ingreso CC.
- Termocupla para medir temperatura a la salida de la CC.
- Termocupla para medir temperatura a la salida de la turbina
- Presostato para medir presión a la salida del compresor.
- Presostato para medir presión a la salida de la Cámara de Combustión.
- Anemómetro para medir velocidad de aire a los efectos de calcular el caudal con la sección de entrada.
- Celda de carga para medir el empuje realizado en la turbina.



Figura 2 - Circuito de lubricación



Figura 3 - Tubo de hidrógeno, válvulas, conjunto turbina-banco de ensayos.

En la figura 2 se puede observar el nuevo circuito de lubricación (tubing plateado y dorado) que fue agregado para independizar al lubricante del combustible. El aceite irá por este nuevo circuito y el hidrógeno por los tubos capilares (combustible).

En la figura 3 podemos observar el tubo de hidrógeno con su válvula reguladora de presión, la válvula reguladora de caudal en la mesa y el conjunto turbina-banco de ensayos.

1.1. Simulación en ASPEN HYSYS.

Para poder comenzar a realizar las pruebas sobre el uso del hidrógeno en la turbina, es necesario hacer una simulación del proceso para tener resultados aproximados de lo que se esperaría que pase en la realidad. Además, es importante realizarla ya que los equipos tienen presiones y temperaturas máximas admisibles, las cuales no se deben superar porque de lo contrario se dañarían los equipos. Dicho esto, comenzamos a diseñar el proceso en el programa ASPEN HYSYS, para el cual colocamos un compresor, un reactor de Gibbs, una turbina y las cañerías y accesorios necesarios, tal como están los equipos dispuestos en la realidad .

1.1.1 Reactor de Gibbs.

Se eligió un reactor de Gibbs ya que calcula la composición de equilibrio de la corriente de salida minimizando la energía libre de Gibbs de la corriente de entrada. Solo se requiere especificar la estequiometría.

Al minimizar la energía de Gibbs se produce la reacción más probable. Este es un proceso espontáneo en la naturaleza.

2. ECUACIONES, FIGURAS Y TABLAS.

En la siguiente figura se muestra el PFD realizado en la simulación en ASPEN HYSYS

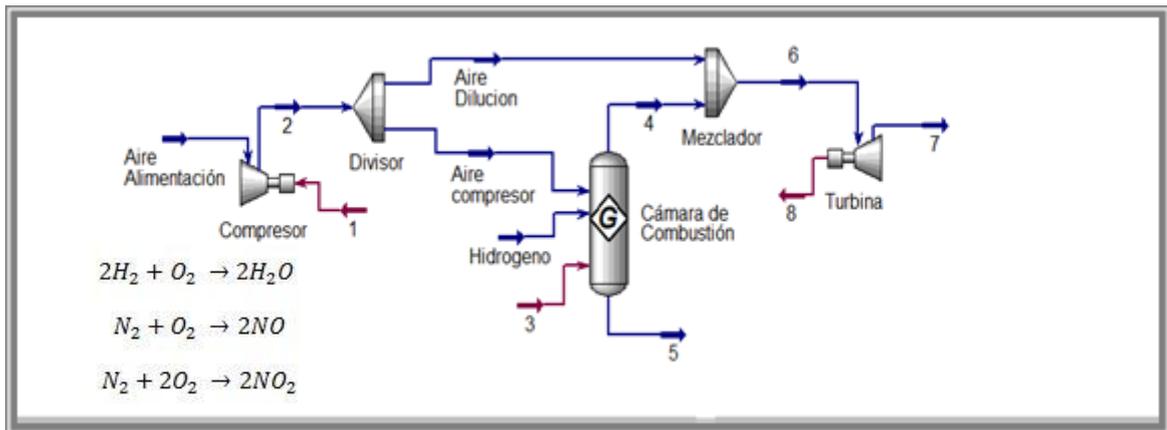


Figura 4 Diagrama de flujo, Aspen Hysys.

La corriente de entrada de aire, llamada “aire alimentación”, entra al compresor con un caudal de 0,3221 kg/h a una presión de 1 bar y una temperatura de 23°C, y sale por la corriente “2” a una presión y temperatura mayores a la de entrada. Luego ponemos un divisor para que una parte del aire ingrese al reactor y la otra se utilice como refrigerante a la salida del mismo.

Se inyecta el hidrógeno al reactor junto con el aire, en el cual se forma agua, y según los caudales de entrada, pueden formarse monóxido y dióxido de nitrógeno.

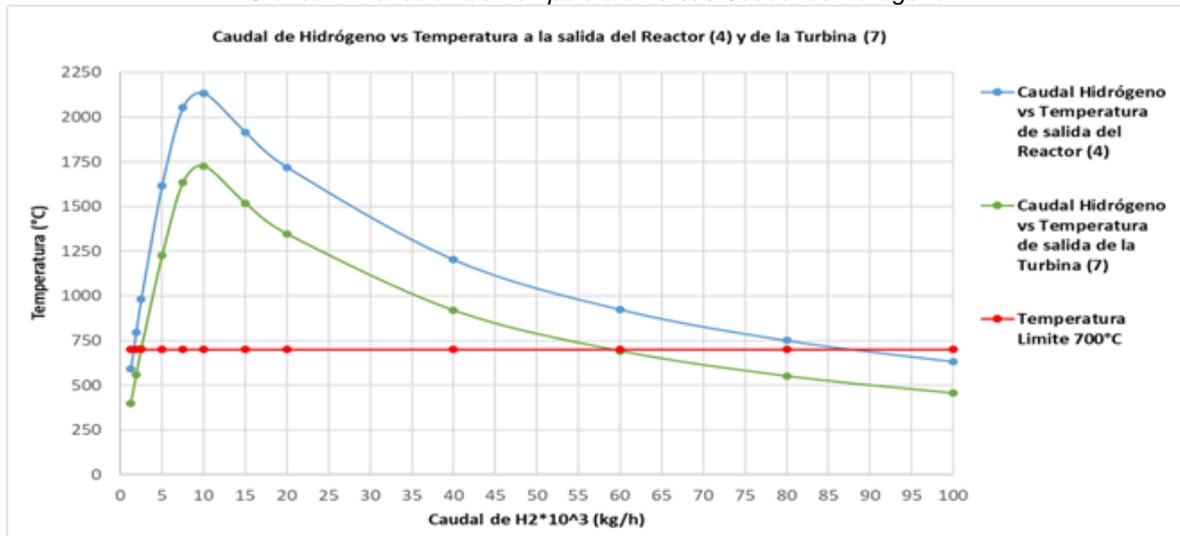
La corriente “4” se mezcla con el aire de dilución para poder ingresar a la turbina donde la mezcla sale en “7”.

Se varía el caudal de hidrógeno para poder ver qué es lo que sucede con la temperatura a la salida del reactor y de la turbina y se construye un gráfico.

Tabla 1 .

Caudal de Hidrógeno*10 ³	Temperatura a la Salida del Reactor (4)	Temperatura a la Salida de la Turbina (7)
kg/h	°C	°C
1,250	592,1	400,4
1,875	794,4	557,8
2,500	982,5	706,5
5,000	1616	1225
7,500	2052	1633
10,00	2133	1726
15,00	1915	1518
20,00	1719	1346
40,00	1203	919,2
60,00	924,2	692,2
80,00	751,3	551,8
100,0	633,7	456,4

Gráfico 1- Variación de Temperatura versus Caudal de hidrógeno



Luego de realizar la simulación, se debería hacer el ensayo y realizar los cálculos con los parámetros medidos para ver qué tanto varían los resultados. Los cálculos de la experiencia se realizarán de la siguiente manera:

Ecuaciones:

La relación de presiones se puede obtener con la presión del aire comprimido y la presión atmosférica según la Ecuación (1).

$$P_R = P_C/P_A \quad (1)$$

El flujo másico de aire puede obtenerse con la velocidad del aire entrante, la sección de la entrada al compresor y la densidad del aire a presión atmosférica según la Ecuación (2):

$$m_A = V_A * A_I * \delta_A \quad (2)$$

El flujo másico de combustible puede obtenerse con el flujo volumétrico del mismo y de su densidad según la Ecuación (3):

$$m_F = V_F * \delta_F \quad (3)$$

La potencia de compresión puede obtenerse del flujo másico de aire, su calor específico a presión constante y la diferencia entre la temperatura de compresión y la temperatura de aire atmosférico según la Ecuación (4).

$$P_C = m_A * C_P * (T_C - T_A) \quad (4)$$

La potencia calórica puede estimarse a partir del flujo másico de aire, el calor específico a presión constante y de la diferencia entre la temperatura en la cámara de combustión y la temperatura de compresión según la Ecuación (5).

$$P_H = m_A * C_P * (T_{CC} - T_C) \quad (5)$$

La velocidad de los gases de combustión a la salida de la turbina se puede obtener mediante el empuje, el flujo de aire másico y la velocidad del aire de admisión según la Ecuación (6).

$$C_G = T/m_A + C_A \quad (6)$$

La potencia de propulsión puede obtenerse a partir del empuje y la velocidad del aire de admisión según la Ecuación (7).

$$P_A = T * C_A \quad (7)$$

La diferencia de energía cinética entre el flujo de aire entrante y el saliente, puede obtenerse a partir del flujo de aire másico según la Ecuación (8).

$$\Delta E_K = 0,5 * m_A * (C_G - C_A)^2 \quad (8)$$

La eficiencia de propulsión puede calcularse según la Ecuación (9):

$$\eta_p = P_p / (P_p + \Delta E_K) \quad (9)$$

3. CONCLUSIONES.

En la primera parte del gráfico 1 (caudal de hidrógeno < 1,25E-3 kg/h) la temperatura permanece por debajo del límite admisible debido a que el exceso de aire actúa como refrigerante en el proceso de combustión. A su vez en esta etapa, se asegura un quemado completo del hidrógeno sin superar el valor máximo admisible de 700 °C.

En la segunda etapa, el caudal de hidrógeno es superior a 1,25E-3 kg/h y el exceso de aire no es suficiente para refrigerar el proceso de combustión y que no se supere el valor límite.

Lo que sucede en la tercera parte es que hay un exceso de hidrógeno a la entrada del reactor, haciendo que este pase a ser un refrigerante. La idea no es usar al hidrógeno como enfriador de la corriente "4", sino usarlo como combustible y evitar que quede sin combustionar. Por lo tanto, se deben utilizar caudales de hidrógeno inferiores a 1,25E-3 kg/h, para así poder utilizarlo al máximo sin tener desperdicios, que cumpla su función y tampoco supere la temperatura máxima admisible por la turbina.

Se concluye comenzar los ensayos en la turbina con un caudal de hidrógeno inferior a 1,25E-3 kg/h, que en condiciones de presión 2,5 bar y temperatura 23 °C equivale a 0,006104 m³/h.

4. REFERENCIAS.

[1] Ensayo con biodiesel en turbina a gas KingTech K-100* Lipchak Nicolás Iván, Santiago Baieli, Santiago Aiducic, Gonzalo Raffa - Department of Industrial Engineering, National Technological University, Buenos Aires, Argentina – Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica (CAIM) | Octubre 10-12 2018 - Tucumán.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la UTN.BA

Máquinas con Soporte Vectorial para estudiar el riesgo crediticio en los Microcréditos en el Perú

Canelo, César; Espinoza, Pedro

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería
ccanelo@uni.edu.pe; pcesp67@gmail.com

RESUMEN

Las entidades micro-financieras tienen el problema constante de controlar el riesgo al que se exponen al desarrollar sus operaciones crediticias. Debido a que en toda operación de crédito está inherente el riesgo de la recuperación del mismo, las entidades prestamistas se apoyan en modelos predictivos para disponer de la información suficiente que les permita manejar de la mejor manera su cartera de clientes. Los modelos predictivos basados en máquinas de aprendizaje se están usando con mucha intensidad en los últimos años, debido a su capacidad de procesar una gran cantidad de datos. En este trabajo se emplea la base de datos de una entidad de microcrédito, la que cuenta con 15569 registros y 26 variables características del préstamo. Se registran 313 rechazados y 15256 aceptados, en el último mes de su evaluación. Luego de procesar la base de datos con una máquina con soporte vectorial, con núcleo lineal, mediante la función *fitcsvm* de Matlab R2018a se observa que la base de datos con la que se trabaja es separable mediante un hiperplano de separación óptima. Se encontró 41 vectores soporte, de los cuales 26 corresponde a los clientes rechazados y 15 a los aceptados. Se hace un estudio estadístico de las 26 variables de los dos grupos de vectores soporte, se identifican y analizan las variables que destacan en estos grupos. Se aprecia que la variable Días de atraso de la última cuota pagada, en los vectores frontera de los créditos Aceptados, el promedio es menor que en los vectores frontera de los créditos Rechazados.

Palabras Claves: Máquina con soporte vectorial, hiperplano, riesgo crediticio, solicitud de crédito.

ABSTRACT

Micro-financial entities have the constant problem of controlling the risk to which they are exposed when developing their credit operations. Because the risk of its recovery is inherent in any credit operation, lenders rely on predictive models to have sufficient information to allow them to better manage their client portfolio. Predictive models based on machine learning have been used with great intensity in recent years, due to their ability to process a large amount of data. In this work, the database of a microcredit entity is used, which has 15,569 records and 26 characteristic variables of the loan. There are 313 rejected and 15,256 accepted, in the last month of their evaluation. After processing the database with a machine with vector support, with a linear nucleus, through the *fitcsvm* function of Matlab R2018a it is observed that the database with which we are working is separable by means of an optimal separation hyperplane. Forty-one support vectors were found, of which 26 correspond to rejected clients and 15 to accepted ones. A statistical study is made of the 26 variables of the two groups of support vectors, the variables that stand out in these groups are identified and analyzed. It can be seen that the variable Days of delay of the last installment paid, in the border vectors of Accepted credits, the average is lower than in the border vectors of Rejected credits.

Keywords: Machine with vector support, hyperplane, credit risk, credit application.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión del riesgo crediticio es una tarea compleja para las entidades financieras, y adquiere cada vez mayor importancia por las consecuencias sobre la liquidez y la estabilidad financiera que afectan a la entidad prestamista. Debido a que en todo crédito otorgado está inherente el riesgo de pérdida para el prestamista, las entidades crediticias, para ser más competitivas, constantemente se enfrentan al problema de controlar el riesgo al que se exponen al desarrollar sus operaciones crediticias. Tanto las instituciones financieras y los organismos reguladores del sistema financiero coinciden en que la gestión del riesgo crediticio es un elemento esencial para el éxito a largo plazo.

En lo que respecta al microcrédito, que es el tema que se trata en el presente estudio, la mayor parte de las micro empresas, que son las que requieren este tipo de crédito, se desarrollan en la informalidad. Y según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la tasa de empleo informal en el Perú ha aumentado, pues en el primer trimestre del 2020 se tenía una tasa de 73% que aumentó a 75% en el tercer trimestre del mismo año. La tendencia creciente en el índice de informalidad se ha acentuado como consecuencia de la pandemia, todos los países afectados por la pandemia enfrentan el problema de cómo reactivar su economía, y en el Perú este reto es más complicado por la alta tasa de informalidad que existe en la actividad económica.

Dentro de la gestión del riesgo crediticio, la morosidad es un problema importante que enfrentan las entidades financieras para todo tipo de crédito. Según la Asociación de Bancos del Perú, en su informe de 2019, la tasa de morosidad a partir de 2012 muestra una tendencia creciente en el Perú y en toda la región. Ghosh [1] que hace un estudio de sobre la morosidad en los bancos, afirma que los préstamos morosos constituyen un lastre para la actividad económica, especialmente para países donde los bancos son el pilar de la intermediación financiera. Señala tres consecuencias de la alta morosidad en los bancos: la disminución de la rentabilidad, la limitación del capital bancario y el aumento de los costos de financiación.

Las investigaciones que se han enfocado sobre este problema, han desarrollado modelos predictivos con la finalidad de contribuir a mejorar la gestión del riesgo de los créditos. Estos modelos predictivos constituyen una herramienta que ayuda a los decisores a una buena gestión en el otorgamiento de los créditos. Así tenemos que Zhou, Lai y Yu [2] desarrollaron un modelo de credit scoring basado en la máquina con soporte vectorial con mínimos cuadrados (LSSVM) y con la finalidad de optimizar el modelo, los parámetros fueron ajustados empleando el método de búsqueda directa (DS). Para los experimentos y posterior comparación, se emplearon otros métodos de selección de parámetros: grid search (GD), diseño de experimentos (DOE) y algoritmos genéticos (GA). Se usaron dos conjuntos de datos del mundo real y para medir la eficiencia de los modelos se usaron la sensibilidad, la especificidad y la precisión general. De los resultados obtenidos, el modelo propuesto de búsqueda directa DS-LSSVM tuvo la mejor precisión general entre los cuatro modelos, en los dos conjuntos de datos. Posteriormente, el modelo DS-LSSVM se comparó con otros cinco clasificadores: análisis discriminante lineal (LDA), análisis discriminante cuadrática, regresión logística (LogR), árboles de decisión (DT) y k-vecino más cercano (k-NN); y el modelo propuesto muestra también la mejor precisión general en ambos conjuntos de datos. Con el mismo fin, Shi, Zhang y Qiu [3] (2013) proponen un modelo para la calificación crediticia empleando la Máquina con soporte vectorial y los bosques aleatorios para la ponderación de las características (RF-FWSVM). Este modelo se compara con los modelos F-score con SVM con características ponderadas (FS-FWSVM) y SVM clásico, para lo cual se usan dos conjuntos de datos del mundo real. La evaluación del rendimiento del modelo se hace mediante el porcentaje correctamente clasificado y la desviación estándar la precisión de la clasificación. Los resultados obtenidos indican que el modelo propuesto tiene el mejor rendimiento en las medidas de evaluación. Harris [4] (2015) diseña un algoritmo usando la máquina con soporte vectorial agrupado (CSVM) para la calificación crediticia. Dado que los conjuntos de datos históricos de puntuación de crédito son grandes, los enfoques no lineales son altamente precisos y computacionalmente costosos, este estudio compara la CSVM con otras técnicas no lineales basadas en SVM con núcleo y muestra que el CSVM puede alcanzar niveles comparables de rendimiento de clasificación mientras permanece relativamente barato computacionalmente. Los datos fueron pre-procesados para transformar todas las categorías en datos numéricos para su análisis. Además, los datos fueron normalizados para mejorar el rendimiento del CSVM y los otros siete clasificadores desarrollados como comparadores. Se desarrollaron los siguientes clasificadores: regresión logística (LR), K means más regresión logística (K means + LR), máquina de vectores de soporte agrupado con un kernel RBF (CSVM-RBF), K means más la máquina de vectores de soporte con un kernel RBF (K means + SVM-RBF), máquina de vectores de soporte con un kernel RBF (SVM-RBF), máquina de vectores de soporte agrupados lineales (CSVM-linear), K means más una máquina de vectores de soporte con un núcleo lineal (K means + SVM-lineal), y una máquina de vectores de soporte lineal (SVM-lineal). Para la construcción del modelo, cada muestra del conjunto de datos se dividió aleatoriamente en dos archivos de datos: prueba (20%) y entrenamiento y validación cruzada (80%). El conjunto de datos de prueba se utilizó exclusivamente para probar el desempeño de los modelos de clasificación desarrollados. Este enfoque da cierta intuición en cuanto al rendimiento de los modelos en la configuración del mundo

real. El conjunto de datos de entrenamiento y validación cruzada se utilizó para desarrollar los modelos para cada tipo de clasificador. En términos de rendimiento los modelos CSVM (tanto lineales como RBF) mostraron AUC comparables a los otros clasificadores, ya que no hubo diferencias significativas entre ellos y los otros clasificadores en términos de AUC.

El objetivo de este estudio es usar Máquinas con Soporte Vectorial para separar los registros de los prestatarios en dos grupos, aceptados y rechazados, y hacer un estudio estadístico de todas las variables de los dos grupos de vectores soporte o puntos frontera.

2. METODOLOGÍA.

La metodología consiste en hacer pruebas usando Máquinas con Soporte Vectorial (MSV) para lo cual se dispone de una Base de datos que contiene registros de prestatarios de una entidad de micro-finanzas. Para todas las pruebas se usará Matlab R2018a.

2.1. Datos y variables.

La base de datos corresponde a una Caja Municipal de Ahorro y Crédito, conformado por 15,569 registros de prestatarios de micro-crédito. Cada registro consta de 26 variables, más una variable que es el rechazo (1) o la aceptación (0) del préstamo. En la base de datos se registra que la cantidad de los solicitantes rechazados es de 313 y la cantidad de los aceptados es de 15256. La Tabla 1 muestra las variables que contienen los registros.

Tabla 1 *Variables de la Base de datos.*

Variable	Descripción
V1	Tipo de moneda.
V2	Monto del crédito otorgado.
V3	Saldo capital de la deuda.
V4	Tipo de Crédito según Reporte Crediticio de Deudores.
V5	Clasificación del deudor.
V6	Clasificación del deudor sin considerar alineamiento con el sistema.
V7	Días de atraso al cierre del mes.
V8	Días de atraso de la última cuota pagada.
V9	Promedio de días de atraso en el pago de cuotas en los últimos 6 meses.
V10	Provisión constituida.
V11	Saldo de capital vigente de la operación.
V12	Saldo de capital vencido de la operación.
V13	Saldo de capital en cobranza judicial de la operación.
V14	Rendimientos devengados de la operación.
V15	Intereses en suspenso acumulados de la operación.
V16	Fecha de desembolso.
V17	Esquema de amortización.
V18	Número de días de gracia para pago de capital según cronograma.
V19	Fecha de vencimiento general de la operación.
V20	Fecha de vencimiento puntual de la operación.
V21	Periodicidad de cuotas.
V22	Número de cuotas programadas.
V23	Número de cuotas pagadas.
V24	Indicador de Rescate Financiero Agropecuario.
V25	Código de agencia.
V26	Tasa efectiva anual.
V27	Aceptación o rechazo del crédito (0: Se acepta, 1: Se rechaza).

La Tabla 2 muestra las medidas estadísticas y el coeficiente de correlación de variable Aceptación o rechazo del crédito (V27) con las demás variables. Se aprecia que, la variable Días de atraso de

la última cuota pagada (V8) es la que tiene la más alta correlación (0.78) con la variable V27, por tanto, se puede decir que esta variable es la respuesta real del sistema que está usando la entidad de micro-finanzas. Las variables que siguen en orden de correlación son V6, V5, V7.

Tabla 2 Medidas estadísticas de la Base de datos.

Variable	Min	Max	STD	Media	Moda	CC
V1	1	2	0.03	1	1	-0.01
V2	300	297770	10957.9	5879.45	1000	0.01
V3	16.24	297770	10475.32	5078.65	1000	0.01
V4	8	13	1.1	11.07	12	-0.03
V5	0	4	0.59	0.15	0	0.43
V6	0	4	0.55	0.13	0	0.45
V7	-419	268	37.64	-14.98	-15	0.26
V8	0	162	8.32	2.88	0	0.78
V9	-125	88	4.6	0.02	0	0.21
V10	0.83	48000	756.33	136.1	20	0.13
V11	0	297770	10480.37	5034.86	1000	0
V12	0	26527	453.83	38.05	0	0.22
V13	0	29822	350.02	5.75	0	0.04
V14	0	19652.81	498.09	164.71	0	0.05
V15	0	5903	94.62	9.03	0	0.19
V16	40546	40847	84.95	40711.96	40751	-0.14
V17	1	5	0.35	2.94	3	0.03
V18	0	360	21.54	6.35	0	0.03
V19	40714	48131	438.13	41198.31	41001	-0.01
V20	40579	41209	37.64	40862.16	40849	-0.26
V21	1	365	35.29	35.84	30	-0.02
V22	1	240	14.3	15.65	12	0.01
V23	0	37	2.77	3.47	0	0.03
V24	1	1	0	1	1	NaN
V25	1	44	13.38	18.98	1	-0.01
V26	12.01	293.79	18.25	51.09	58.27	0.04
V27	0	1	0.14	0.02	0	1

La variable Días de atraso de la última cuota pagada es la que tiene la más alta correlación (0.78) con la variable V27. Las variables que siguen en orden de correlación más alta son V6 y V5.

2.2. Máquinas con Soporte Vectorial con núcleo lineal.

La Base de datos BD con 15569 registros y 26 variables, definen una matriz D de 15569x26 y la variable V27 define la matriz de categorías F de 15569x1. Con estos datos se ejecuta en Matlab R2018a la función:

```
cl=fitcsvm(D, F,'KernelFunction','linear','BoxConstraint',Inf,'ClassNames',[-1, 1]);
```

Se obtienen una serie de archivos de la clase *cl.compact* entre ellas tomamos las que seleccionan los vectores soporte y las correspondientes categorías:

```
sv=cl.SupportVectors;
```

Entrega una matriz de 41x26, que son los vectores soporte de las clases: A(+) y A(-)

```
ev=cl.SupportVectorLabels;
```

Entrega una matriz de 41x1 que son las correspondientes categorías de los vectores soporte.

La Figura 1 muestra la distribución de frecuencia de los vectores soporte. Se aprecia que hay 26 clientes que están en la frontera F(-) de solicitudes rechazadas y 15 clientes en la frontera F(+) de solicitudes aceptadas.

La Tabla 3 muestra las medidas estadísticas y el coeficiente de correlación de las variables con la categoría. Se puede apreciar que la variable Días de atraso de la última cuota pagada (V8) es la que tiene el coeficiente de correlación significativamente alto (-0.93). Las variables que tienen un coeficiente de correlación bajo pero significativo, son el Monto del crédito otorgado (V2), el Saldo capital de la deuda (V3), el Saldo capital vigente de la operación (V11), la Periodicidad de las cuotas

(V21), los Días de atraso al cierre del mes (V7) y la Clasificación del deudor sin considerar alineamiento con el sistema (V6). Estas variables se tendrán en cuenta para hacer un análisis estadístico de los vectores soporte.

La Tabla 4 muestra conjuntamente las medidas estadísticas de los vectores soporte de las solicitudes aceptadas y rechazadas.

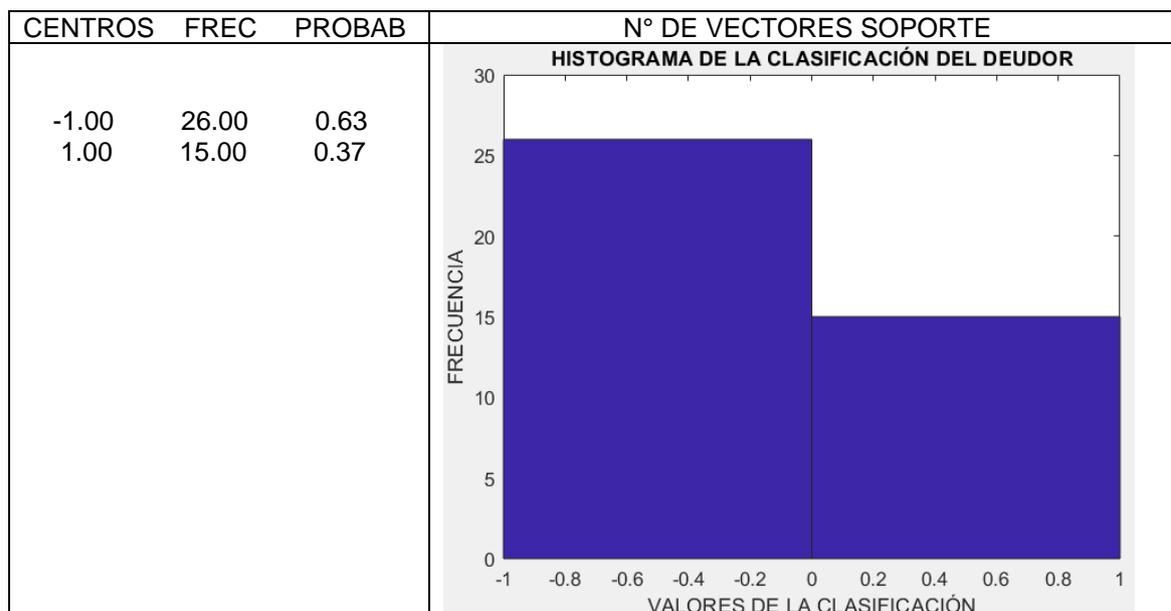


Figura 1 Frecuencia e Histograma de los vectores soporte.

Tabla 3 Medidas estadísticas y Coeficiente de Correlación de los vectores soporte.

Variable	Min	Max	Media	Moda	STD	CC
V1	1	2	1.02	1	0.16	0.21
V2	400	297770	19031.97	500	47592.97	0.19
V3	16.24	297770	17898.5	2000	47650.23	0.2
V4	9	12	10.51	12	1.27	0.13
V5	0	4	1.41	1	1.36	-0.05
V6	0	4	1.34	1	1.35	-0.12
V7	-360	170	23.83	14	81.25	-0.18
V8	0	61	25.78	0	19.62	-0.93
V9	0	31	3.02	0	6.57	-0.2
V10	2.05	48000	3293.82	30	9196.65	0.17
V11	0	297770	15349.9	0	47927.39	0.19
V12	0	25104	1333.44	0	5128.23	0.05
V13	0	29822	1215.17	0	5542.58	0.02
V14	0	6871.68	597.62	0	1508.49	0.14
V15	0	5903	360.12	0	1096.3	0.16
V16	40557	40847	40658.85	40611	88.86	0.38
V17	1	5	2.9	3	0.62	-0.21
V18	0	120	7.41	0	26.37	-0.15
V19	40714	45818	41409.85	40714	895.06	0.05
V20	40677	41207	40827.41	40831	84.23	0.24
V21	1	360	47.59	30	73.15	0.32
V22	1	168	24.41	6	29.38	0.02
V23	0	31	4.12	0	4.98	-0.04
V24	1	1	1	1	0	NaN
V25	1	43	20.07	35	13.12	-0.08
V26	14.03	293.79	48.92	58.27	44.01	0.06

Cat	-1	1	-0.27	-1	0.98	1
-----	----	---	-------	----	------	---

Tabla 4 Medidas estadísticas de los vectores soporte $F(+)$ y $F(-)$.

Var	Aceptados ($F+$)					Rechazados ($F-$)				
	Min	Max	Media	Moda	STD	Min	Max	Media	Moda	STD
V1	1	2	1.07	1	0.26	1	1	1	1	0
V2	400	297770	30617.3	500	76871.1	500	45418	12348	500	13711.9
V3	16.24	297770	30147.2	2000	76944.1	93.11	44387	10832	93.11	13247.7
V4	9	12	10.73	12	1.28	9	12	10.38	10	1.27
V5	0	4	1.33	0	1.76	0	4	1.46	1	1.1
V6	0	4	1.13	0	1.73	0	4	1.46	1	1.1
V7	-360	170	4.6	-10	125.66	0	134	34.92	14	37.01
V8	0	26	2.13	0	6.69	31	61	39.42	32	7.88
V9	0	14	1.33	0	3.62	0	31	4	0	7.69
V10	2.05	48000	5360.56	30	12909.8	13.24	29822	2101.5	13.24	6160.63
V11	0	297770	27115.4	0	77671.2	0	44387	8562.1	0	12880.5
V12	0	25104	1698.53	0	6475.31	0	21091	1122.8	0	4297.82
V13	0	20000	1333.33	0	5163.98	0	29822	1147	0	5848.58
V14	0	6871.7	869.6	0	2287.18	0	3139	440.7	0	800.88
V15	0	5903	594	0	1559.49	0	3255	225.19	0	713.67
V16	40557	40847	40703.2	40847	120.05	40560	40777	40633	40617	52
V17	1	5	2.73	3	1.03	3	3	3	3	0
V18	0	30	2.13	0	7.73	0	120	10.46	0	32.45
V19	40714	45818	41471.9	40714	1309.74	40773	42582	41374	40773	563.5
V20	40677	41207	40854	40853	128.96	40713	40847	40812	40831	37.01
V21	1	360	78.07	30	117.13	30	30	30	30	0
V22	1	168	25.27	1	43.33	6	60	23.92	6	18.13
V23	0	31	3.87	0	7.85	0	8	4.27	6	2.25
V24	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
V25	1	37	18.73	1	14.27	1	43	20.85	13	12.64
V26	14.03	293.79	52.25	18.16	69.75	18.02	79.59	47	58.27	19.08
Cat	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	0

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Se analiza los valores que tienen las variables con coeficiente de correlación significativa de los vectores soporte.

- Con respecto a la variable Días de atraso de la última cuota pagada (V8), los clientes que están en la frontera de los Aceptados han tenido un retraso que fluctúa en el intervalo [0, 26] días, en promedio el retraso en el pago ha sido de 2 días. En la frontera de los clientes Rechazados, el retraso en el pago fluctúa en el intervalo [31, 61] días, y en promedio el retraso en el pago es de 39 días. Claramente se aprecia que, para esta variable, los conjuntos son disjuntos.
- La variable Monto del crédito otorgado (V2) en los vectores frontera de los clientes Aceptados, tiene valores que fluctúan en el intervalo [400, 297770] y su promedio es de 30,617 soles. En la frontera de los clientes Rechazados, el monto del crédito fluctúa en el intervalo [500, 45418] y su media es de 12,348 soles. Se observa que el intervalo de variación del crédito en los Aceptados es de mayor extensión, de la misma manera, el promedio de crédito de los Aceptados es mayor que los Rechazados.
- Con respecto a la variable Saldo capital de la deuda (V3), en los vectores frontera de los créditos Aceptados, fluctúa en el intervalo [16, 297770] y su media es de 30,147 soles. En los vectores frontera de los Rechazados, el saldo capital varía en el intervalo [93, 44387] y su media es de 10,832 soles. Con esta variable también se aprecia que tanto el intervalo como el promedio son mayores en los vectores frontera de los créditos Aceptados.

- d) La variable Clasificación del deudor sin considerar alineamiento con el sistema (V6) tiene el mismo mínimo y máximo en ambos vectores frontera, sin embargo, en los créditos Aceptados el 67% ha sido clasificado como cliente normal y nadie ha sido clasificado como cliente con potencial pérdida (CPP), en cambio, en los créditos Rechazados, sólo el 12% ha sido clasificado como cliente normal y el 58% ha sido clasificado como CPP. La Tabla 5 muestra la clasificación completa en ambos vectores soporte.

Tabla 5 Frecuencia de V6 en Aceptados y Rechazados.

Aceptados			Rechazados		
[0, 4]	FREC	PROBAB	[0, 4]	FREC	PROBAB
0	10.00	0.67	0	3.00	0.12
1.00	0	0	1.00	15.00	0.58
2.00	1.00	0.07	2.00	3.00	0.12
3.00	1.00	0.07	3.00	3.00	0.12
4.00	3.00	0.20	4.00	2.00	0.08

- e) Con respecto a la variable Días de atraso al cierre del mes (V7), en la frontera de los créditos aceptados, el promedio es de 5 días, y en los Rechazados el promedio es de 35 días.
- f) La variable Saldo capital vigente de la operación (V11), en los vectores soporte de los créditos Aceptados, tiene valores que fluctúa en el intervalo [0, 297770] con un promedio de 27,115 soles. En los vectores soporte de los créditos Rechazados, esta variable fluctúa en el intervalo [0, 44387] y su promedio es de 8,562 soles.
- g) La variable Periodicidad de cuotas (V21) en los vectores frontera de los créditos Aceptados la periodicidad promedio de las cuotas es de 78 días, y para los créditos Rechazados todos tienen una periodicidad de 30 días.

4. CONCLUSIONES.

- a) En cuanto a los Días de atraso de la última cuota pagada (V8) y Días de atraso al cierre del mes (V7), en los vectores frontera de los créditos Aceptados el promedio es menor que en los vectores frontera de los créditos Rechazados.
- b) Con respecto a las variables Monto del crédito otorgado (V2), Saldo capital de la deuda (V3) y Saldo capital vigente de la operación (V11), en los vectores frontera de los créditos Aceptados el valor promedio de esta variable es mayor que en los créditos Rechazados.
- c) Los valores de la variable Clasificación del deudor sin considerar alineamiento con el sistema (V6), muestran que en los vectores frontera de los créditos Aceptados un gran porcentaje de los clientes ha sido clasificado como normal, en cambio en los créditos Rechazados, el mayor porcentaje ha sido clasificado como cliente con potencial pérdida.
- d) La variable Periodicidad de cuota (V21), en los vectores frontera de los créditos Aceptados tiene un valor promedio de 78 días, en comparación con los créditos Rechazados en que todos tienen una periodicidad de 30 días.
- e) La Base de datos procesada con una Máquina con Soporte Vectorial con núcleo lineal, es separable mediante un hiperplano de separación óptima.

5. REFERENCIAS.

- [1] Ghosh, Saibal. (2018). "Loan delinquency in banking systems: How effective are credit reporting systems?". *Research in International Business and Finance*. 47 (2019), 220-236.
- [2] Zhou, Ligang; Lai, Kin Keung; Yu, Lean. (2008). "Credit scoring using support vector machines with direct search for parameters selection". *Soft Comput* (2009). 13:149-155
- [3] Shi, Jian; Zhang, Shu-you; Qiu, Le-miao. (2013). "Credit scoring by feature-weighted support vector machines". *Journal of Zhejiang University-SCIENCE C (Computers & Electronics)*. 2013 14(3):197-204
- [4] Harris, Terry (2015). "Credit scoring using the clustered support vector machine". *Expert Systems with Applications*. 42 (2015) 741-750

Uso de nanopartículas de plata para el desarrollo de textiles funcionales

Juárez José A.^{1,2}, Águila Josefina.¹, Ruiz Nancy R.², Herrera José L.¹, Sánchez José F.^{2,3}

¹ Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas – Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2580, Col Barrio La Laguna Ticoman, Del. Gustavo A. Madero, C. P. 07340 Ciudad de México., México, juarezt1903@alumno.ipn.mx, jaguila2000@alumno.ipn.mx, jherrerap@ipn.mx

² Facultad de Ingeniería, Ingeniería Textil, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio, S/N Col. San Manuel, Ciudad Universitaria Puebla, C. P. 72570, Puebla, México, angel.juareztorres@correo.buap.mx, nroxana.ruiz@correo.buap.mx, jose.sanchezram@correo.buap.mx

³ Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada – Instituto Politécnico Nacional. ExHacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac – Tepetitla Km. 1.5 Tlaxcala C. P. 90700, Tlaxcala, México, jfsanchez@ipn.mx

RESUMEN

En este trabajo de investigación se presentan los resultados de la preparación de nanotextiles funcionales de algodón conteniendo nanopartículas de plata (NPs Ag) con diferentes tamaños. La incorporación de las nanopartículas se realizó usando la síntesis de reducción química *in-situ*; dentro de los resultados se desarrolló la propiedad superhidrofóbica en tela de algodón en función de diferentes tamaños de nanopartículas y con la modificación superficial con hexadeciltrimetoxisilano (HDTMS). Utilizando tres agentes químicos reductores como: ácido ascórbico, borohidruro de sodio y al citrato de sodio; fue posible la variación del tamaño nanométrico de las partículas de plata sobre la tela de algodón. La formación y propiedades del nanotextil fueron verificadas utilizando diferentes técnicas de caracterización: espectroscopia UV-Vis y difracción de rayos-X. La propiedad superhidrofóbica fue verificada utilizando medidas del ángulo de contacto con el software ImageJ.

Palabras Claves: Nanotextiles, nanopartículas de plata, superhidrofobicidad.

ABSTRACT

In this research work the results of the preparation functional cotton nanotextiles containing silver nanoparticles (NPs Ag) with different sizes are presented. The incorporation of nanoparticles was reached using *in-situ* chemical reduction synthesis; within the results the superhydrophobic property was developed, on cotton fabric, as a function of different sizes of nanoparticles and with the surface modification with Hexadecyltrimethoxysilane (HDTMS). Using three reducing chemical agents as: ascorbic acid, sodium borohydride, and sodium citrate; it was possible to vary the nanometric size NPs Ag on the cotton fabric. The formation and nanotextiles properties were verified using different characterization techniques: UV-Vis spectroscopy and X-ray diffraction. The superhydrophobic property was verified using contact angle measurement with ImageJ software.

Keywords: Nanotextiles, Silver nanoparticles, superhydrophobicity.

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII [ir](#)

Simulación de laminación de tubos sin costura: Paso peregrino y Trefilado

Bunte, Claudio^{1,2}; Borda, Brian²

¹ Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires

cbunte@frba.utn.edu.ar

² Instituto de Tecnología Jorge Sábato

brian.m.borda@gmail.com

RESUMEN

Durante la fabricación de tubos sin costura por el proceso de paso peregrino y trefilación se producen dos tipos de defectos: detectables a simple vista y otros no detectables que se revelan durante los ensayos finales.

El objetivo del trabajo fue la utilización de un software de simulación para la predicción de los defectos indicados, en una aleación de zirconio (Zry-4) y una aleación de aluminio (AA 7075).

Se consideró una laminadora por paso peregrino de dos cilindros para las simulaciones. Se utilizaron diferentes curvas de flujo de Zry-4 para evaluar la incidencia del modelo de anisotropía de Hill-48 y sus efectos sobre las cargas de laminación, el daño de Latham-Cockroft (LC), las dimensiones del tubo y el factor Q. La simulación de trefilado de tubos AA7075 se diseñó para comparar varios programas: trefilado por varias pasadas y de una única pasada (reducción de área del 5%, 10% y 15%), utilizando varios ángulos de matriz (10°, 16° y 22°).

La diferencia en los resultados de laminación por paso peregrino entre cargas simuladas y reales está asociada con el modelo de curva de flujo utilizado. El daño de LC indicó la presencia de defectos y mostró una dependencia notable con el modelo de anisotropía, aunque los valores de Q y reducción de área fueron aceptables. Se obtuvieron perfiles de carga de trefilado, de acuerdo con la teoría, y los valores más bajos se derivaron del ángulo de la matriz de 16°. Las tensiones residuales y el daño LC fueron mínimos con los casos de un solo paso de 10% y 15% de reducción de área, y 10° y 16° respectivamente, obteniendo las dimensiones finales más cercanas a las deseadas.

Los resultados indican que Simufact Forming permite simular estos procesos de deformación y establecer condiciones para la aparición de defectos o fallas.

Palabras Claves: Paso Peregrino, Trefilación, Simulación, Simufact Forming, Defectos.

ABSTRACT

During manufacture of seamless tubes by cold pilgering and cold drawing process, two types of defects occur. Those that are observed with the naked eye or a low magnification and others, non-detectable, which are revealed during the final tests.

The aim of this work was to apply a Simufact Forming simulation software to predict these defects for zirconium alloy (Zry-4) and aluminum alloy (AA7075).

A two high cylinders pilger mill was considered for cold pilgering simulations. Different Zry-4 flow curves were considered to evaluate the incidence of Hill-48 anisotropy model and their effects on rolling-loads, Latham-Cockroft (LC) damage, tube dimensions and Q-factor. The AA7075 tube drawing simulation was oriented to compare several schedules: multiple passes and unique pass drawing (5%, 10% and 15% area-reduction), using several die angles (10°, 16° and 22°).

The difference of cold pilgering results between simulated and real loads are associated with used flow curve model. LC damage indicated presence of defects and showed a remarkable dependence with the anisotropy model, although Q and area-reduction values were acceptable. Drawing load profiles, consistent with theory, were obtained and the lowest values derived from the 16° die angle. Residual stress and LC damage were minimal with the 10% and 15% area-reduction unique pass cases, and 10° and 16° respectively, obtaining the final dimensions closer to the desired ones. A damage pattern such as bulging was observed.

The results indicate that Simufact Forming allows to simulate these deformation processes and establish conditions for the appearance of defects or failures.

Keywords: Cold Pilgering, Tube Drawing, Simulation, Simufact Forming, Defects

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Laminación por paso peregrino - Cold Pilgering

La laminación por paso peregrino es un proceso en el cual se reducen simultáneamente, el diámetro y el espesor de tubos con y sin costura. La reducción se realiza mediante dos rodillos y un mandril, el cual se ubica en el interior del tubo (Figura 1). La reducción se puede realizar en caliente o en frío, pero esta última opción resulta más fácil de ejecutar por cuestiones operativas. [1-2]

Este proceso se puede aplicar en un gran rango de diámetro y espesores de tubos de distintos materiales. Su aplicación genera tubos con muy buena precisión en las dimensiones, con baja excentricidad, muy buen acabado superficial y una baja incidencia de defectos [3]

Se procesan por este proceso una gran variedad de metales y aleaciones, aleaciones de níquel, acero al carbono, acero inoxidable, aleaciones de titanio y aleaciones de circonio, entre otros, cuya laminación requiere consideraciones técnicas y operativas específicas, con el fin de reducir la incidencia de defectos y conseguir un producto que se desempeñe de forma óptima en las sollicitaciones para la que se produjo.

1.1.1 Descripción del proceso

La deformación en el tubo se realiza con un movimiento de avance y retroceso de los rodillos, al que se lo denomina golpe. Sumado a cada golpe se adiciona un giro, del tubo y del mandril, con determinada amplitud entre cada golpe o entre cada desplazamiento de los rodillos. El objetivo de esta rotación del tubo es homogeneizar la deformación en el tubo y disminuir defectos, como por ejemplo la ovalidad.

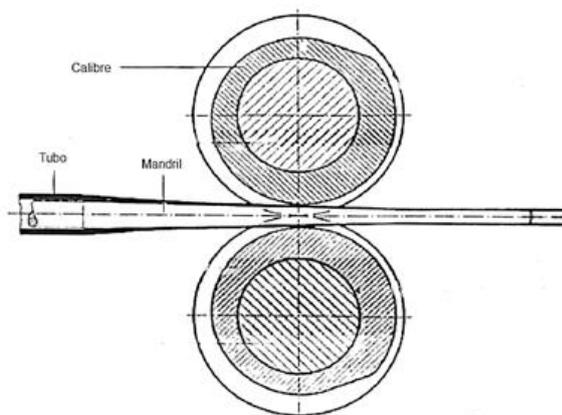


Figura 1. Esquema de herramental y tubo involucrados en laminación por paso peregrino. corte en sección longitudinal.

1.1.2 Factor Q

El factor Q es una relación que involucra las reducciones en espesor y en diámetro mediante una función. Comúnmente se utiliza para determinar límites en el proceso para asegurar un buen acabado superficial del tubo laminado. [3-4]

La función de Q, que se utiliza en este trabajo se calcula mediante la Ecuación (1):

$$Q = \frac{\ln(e_f/e_0)}{\ln(Dm_f/Dm_0)} \quad (1)$$

Donde e_0 y e_f son los espesores iniciales y finales, D_{m0} y D_{mf} los diámetros medios inicial y final.

1.1.3 Planteo teórico de cargas durante laminación

Neumann y Siebel [5] plantearon un modelo en el que la carga de laminación es una función de la posición sobre un eje, en la dirección de laminación. La posición se determina respecto del inicio de la zona de trabajo de los rodillos y del mandril.

Lo conveniente de este modelo es que depende únicamente de parámetros operativos, de la geometría del herramental y de la variación de la tensión de fluencia del material.

Además, tiene la característica de separar en dos partes la longitud de contacto entre el rodillo, el mandril y el material (Figura 2). La primera, L_{d1} , la porción de tubo está en contacto con el mandril y el rodillo al mismo tiempo. En la segunda longitud de contacto, solo existe interacción entre el tubo y el rodillo.

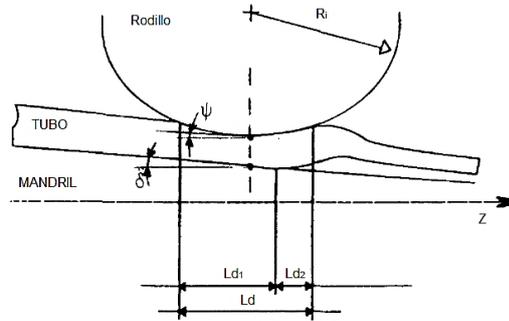


Figura 2. Esquema del modelo planteado por Neumann y Siebel.

En base a las consideraciones anteriores, Neumann y Siebel plantean la carga de laminación como lo indica la Ecuación (2):

$$F(z) = \sigma_0(z) \left(1 + \frac{\mu L_d}{2e(z)}\right) D(z) \sqrt{2R(z)m \left(\frac{S_0}{S(z)}\right) \left(\sqrt{\varphi(z) - \delta(z)} + \sqrt{\delta(z)}\right) 2e(z)/D(z)} \quad (2)$$

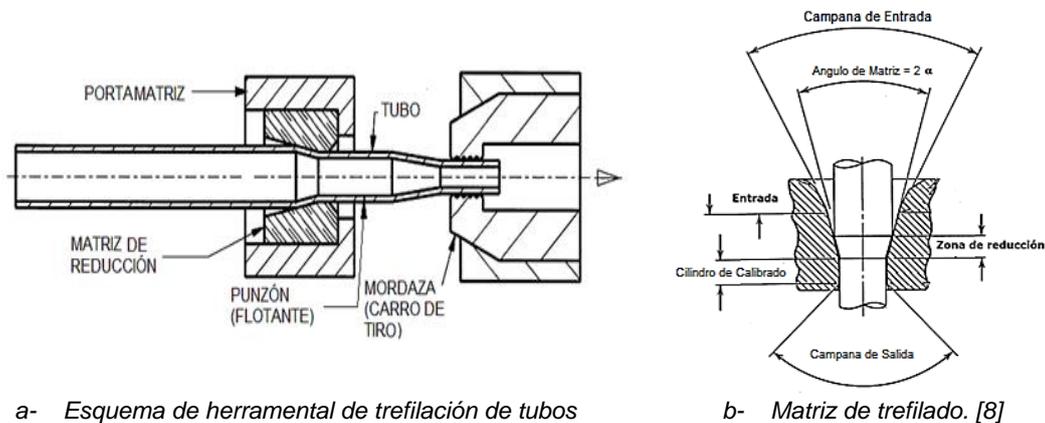
Donde $\sigma_0(z)$ es la tensión de fluencia del material en z , μ es el coeficiente de fricción y $D(z)$ el diámetro externo del tubo en z . $R(z)$ es el radio del fondo del canal del rodillo, m es el avance del tubo entre cada ciclo, S_0 es el área inicial de la sección del tubo antes de que se somete a deformación, $S(z)$ es el área de la sección del tubo en z . Los ángulos φ y δ son los ángulos de contacto entre el tubo y respectivamente, el rodillo y el mandril.

1.2 Trefilación

En general el trefilado tanto de tubos como de barras se realiza en un banco de trefilado, consistente en una mesa de entrada, un cabezal portamatrix que contiene la matrix, un carro de tiro que tiene mordazas para tomar la punta del material y aplicarle la fuerza de tiro y finalmente una mesa de salida (Figura 3-a).

En el trefilado de tubos, además del diámetro se puede o no reducir el espesor colocando un mandril en el interior.

Por lo general este proceso se realiza en frío, con reducciones de área del orden del 10 al 25 % dependiendo del material y del producto. Las dimensiones obtenidas tienen de este modo tolerancias bajas y controladas. [6-7]



a- Esquema de herramienta de trefilación de tubos

b- Matriz de trefilado. [8]

Figura 3. Componentes del proceso de trefilación.

Las matrices de reducción/trefilado por lo general son fabricados mediante sinterizado de carburo de tungsteno, en la Figura 3-b se muestran las partes características que posee un diseño genérico de matriz de trefilado.

1.3 Simulaciones de procesos

La simulación de procesos de conformado de piezas metálicas es una herramienta que está tomando un gran valor a la hora de determinar la factibilidad operativa y económica de un diseño o de un proceso.

La utilización de esta herramienta permite evaluar parámetros operativos, diseños de herramienta y evolución del material durante el proceso de conformado. Como resultado es posible reducir los tiempos de puesta a punto, optimizar procesos de manufactura, evaluar la deformación del material en las matrices involucradas y decidir si es necesario o no la implementación de más pasos de conformado.

1.3.1 Simulación por elementos finitos

La simulación de un proceso consiste en la definición de un modelo computacional, este modelo debe estar dividido en tres etapas (Figura 4):

- a- pre-procesamiento, la que define el proceso y las condiciones que se van a simular
- b- simulador, utilización del software/paquete matemático que permite la obtención de los resultados mediante la utilización de un modelo teórico.
- c- post-procesamiento, donde se realiza el análisis de los resultados obtenidos y se evalúa la consistencia de los mismos con la realidad, si es posible [9]

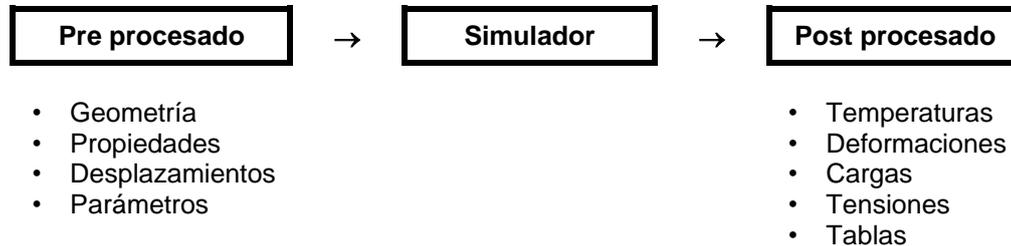


Figura 4. Esquema de proceso de simulación.

1.3.2 Modelos implementados en las simulaciones

Criterios de Fluencia - Hill 48 [10] [11]

Los criterios de Fluencia son ecuaciones fundamentales en el análisis de la deformación plástica cuando se expone al material a estados de tensiones complejos.

El criterio de Hill para materiales anisótropos es una modificación del criterio de Huber-Levy-von Mises-Hencky

Los datos que requiere el programa son tres valores correspondientes a las tensiones de fluencia obtenidas en ensayos de tracción, los cuales se deben realizar con dos probetas orientadas perpendicularmente y una tercera a 45° entre estas dos en el plano que forman. Los otros tres datos corresponden a un coeficiente r , que se obtiene realizando el cociente entre la deformación en el ancho y la deformación en el espesor. Esta relación se muestra en la Ecuación (3):

$$r = \frac{\varepsilon_{ancho}}{\varepsilon_{espesor}} \quad (3)$$

1.3.3 Daño Latham-Cockroft

Durante el conformado de piezas metálicas, los defectos que se evitan con una buena trabajabilidad son la fisuración y la posterior fractura ductil. Pero conociendo los límites de trabajabilidad de un material se puede aprovechar de forma efectiva el procesamiento [12]. El daño se calcula como lo indica la Ecuación (4):

$$\int_0^{\varepsilon_f} \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} d\varepsilon \leq C \quad (4)$$

Si el valor de daño alcanza un valor C , determinado en condiciones específicas, se produce fisuramiento. En el software Simufact Forming se realiza el cálculo utilizando la tensión principal máxima. El daño medido en una simulación y calculado de forma analítica muestran una muy buena correspondencia con la formación de fisuras en ensayos en ambos procesos [13-14].

1.3.4 Curva de flujo

La curva de flujo de un material es información importante a la hora de plantear y configurar una simulación de un proceso de conformado metálico. Se define como la curva que relaciona la tensión verdadera necesaria para producir que el material se deforme, que se denomina tensión de flujo, y la deformación verdadera. La determinación de la curva de flujo es mediante ensayos que evalúen la trabajabilidad del material según a que estados de tensiones se someta al mismo, además también es afectada por factores como la velocidad de deformación y la temperatura [15].

1.4 Materiales

Los materiales utilizados en este trabajo son:

Aluminio 7075

Esta aleación se caracteriza por tener buenas propiedades como una alta resistencia a la fatiga, buen mecanizado, baja densidad y alta resistencia. También se puede tratar térmicamente y alcanzar la resistencia del acero.

Esta aleación es utilizada en la aplicación y la fabricación de componentes de diversas áreas como la industria automotriz, aeronáutica, moldes para inyectoras plásticas, desarrollo de herramientas, entre otros.

Zircaloy 4

Esta aleación de circonio tiene una conductividad térmica un 30% mayor que la del acero inoxidable, una tercera parte del coeficiente de expansión térmica, una mejor resistencia a distintos tipos de corrosión y a una baja sección eficaz de absorción de neutrones, propiedades adecuadas para su uso en reactores nucleares.

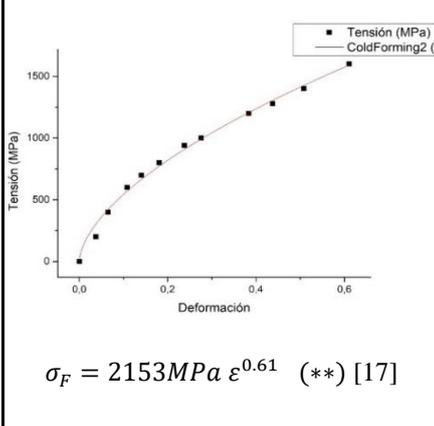
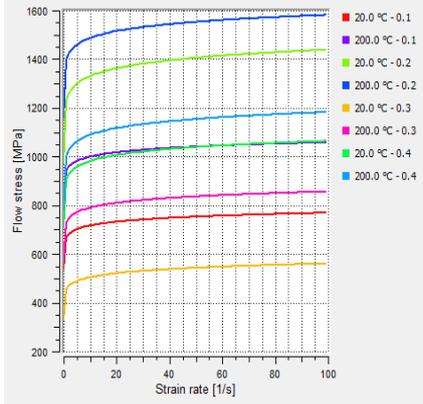
2. DESARROLLO

2.1 Laminación por paso peregrino

Para la determinación de las velocidades e intervalos de movimientos de los componentes se analizaron videos de la laminadora a distintas velocidades, así se determinaron las velocidades de la Tabla 3 correspondientes a la velocidad de 60 golpes por minuto.

La Tabla 1 muestra los parámetros y curvas de flujo del Zircaloy 4 que se utilizaron en las simulaciones.

Tabla 1. Parámetros del material utilizado en las simulaciones.

Material	Zircaloy 4			
Comp. Química	1.20-1.70 Sn - 0.18-0.24 Fe - 0.07-0.13 Cu - 0.12 O _{máx}			
Propiedades Mecánicas	Tensión de Fluencia		450 MPa	
	Módulo de Young	99.3 GPa	Módulo de Poisson	0.37
Anisotropía (*) [16]	r _{0°} = 0.16 r _{45°} = 0.60 r _{90°} = 0.98		σ _{0°} =357.5 MPa σ _{45°} = 460 MPa σ _{90°} = 591.7 MPa	
Curva de Flujo				
	Zircaloy 4 – Ensayo		Zircaloy 4 – BDSM	

(*) Los datos de los coeficientes r y las tensiones de fluencia fueron obtenidos, según bibliografía, de tubos de medidas 63.5 x 10.92 mm, las probetas se obtuvieron aplanando una sección de tubo cortada longitudinalmente y luego recocido a 635°C durante 3 horas para eliminar tensiones residuales producidas en el aplanado.

(**) Aclaración: Simufact Material admite curvas de flujo que incluyan la deformación elástica, el solver del software considera deformaciones plásticas para tensiones mayores a la tensión de fluencia indicada en los datos del material.

La figura 5 muestra el esquema que se observa en el software con el tubo y los componentes considerados y su posición.

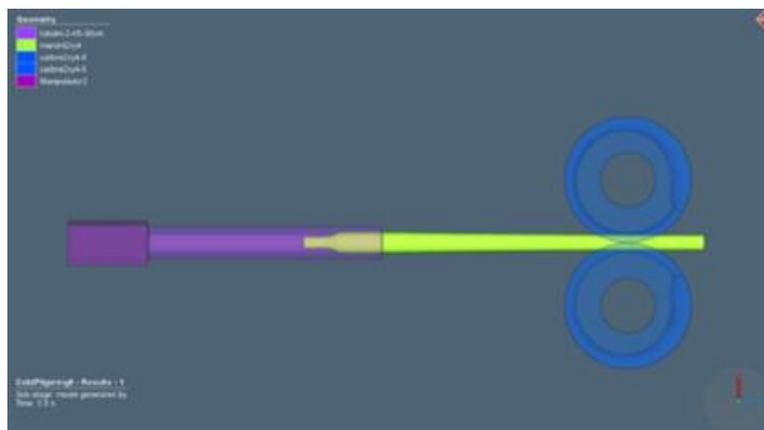


Figura 5. Piezas involucradas en la simulación de laminación por paso peregrino.

La Tabla 2 muestra los parámetros utilizados en las simulaciones de laminación por paso peregrino.

Tabla 2. *Parámetros de procesos utilizados en las simulaciones.*

Geometría de pieza inicial	Se usó un tubo con las dimensiones del TREX de Zircaloy 4. Dext=44.45 mm, e= 7.62 mm, Largo= 300 mm
Lubricación [18]	Lubricante ETNA nuevo con $m= 0.459$
Mallado	Mallado con elementos hexaédricos (Ringmesh, simetría cilíndrica) con una arista máxima de 5.5 mm En todas las simulaciones el número de elementos fue mayor a 17000.
Tiempo de simulación	130 segundos
Incremento	0.0005 segundos
Muestreo de resultados	0.003 segundos
Tiempo de calculo	120-140 horas por simulación

La Tabla 3 muestra los intervalos de tiempo de movimiento de cada componente en un ciclo y las velocidades correspondientes.

Tabla 3. *Intervalos de tiempos obtenido para cada avance y retroceso a velocidad normal delaminación y velocidades de componentes en la simulación.*

		Desplazamiento + Rotación Rodillos		Rotación Tubo + Mandril
		0.35 seg		0.15 seg
Avance tubo mm	Vel. Avance tubo mm/seg	Vel. Rodillos mm/seg	Vel. Rot. Rodillos rpm	Vel. Rot. Tubo-Mandril rpm
1.3	8.66	1114.28	131.78	56.62

2. 2 Trefilación

La figura 6 muestra el esquema de piezas planteado en la simulación y su posición.

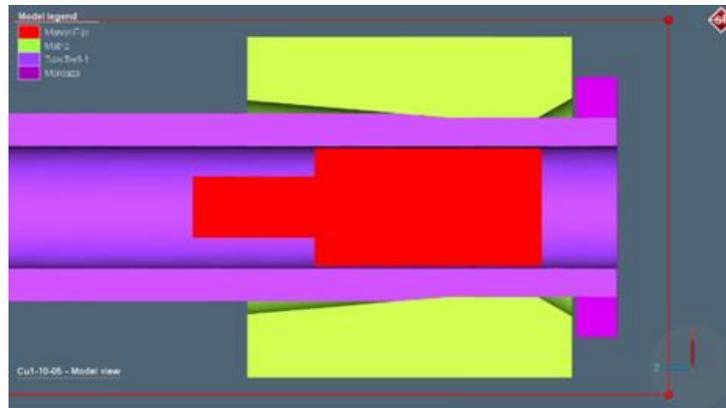


Figura 6. *Piezas involucradas en la simulación de trefilado de un tubo sin costura.*

La Tabla 4 muestra los parámetros utilizados en las simulaciones de trefilado.

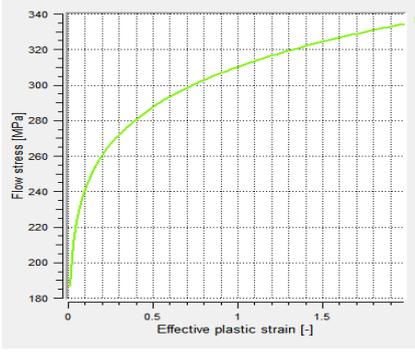
Tabla 4. *Parámetros de procesos utilizados en las simulaciones.*

Geometrías de matrices	Matrices de ángulo 10°, 16° y 22°, diámetro y longitud de zona de calibración (igual al diámetro de la matriz), el ángulo de campana de salida constante (60°), empalme de zona de trabajo y cilindro de 0.1 mm.
Geometría de pieza inicial	Un tubo con dimensiones: Dext=25.40 mm, esp= 2.54 mm, Largo= 160 mm
Lubricación	Coefficiente de fricción $\mu=0.05$
Velocidad de tiraje	4 m/min
Mallado	Mallado con elementos cuadrados (Quadmesh). Arista máxima de 0.25 mm En todas las simulaciones el número de elementos fue mayor a 6000.
Tiempo de simulación	Depende de la simulación, pero siempre menor a 4 segundos

Incremento	0.003 segundos
Muestreo de resultados	0.03 segundos
Tiempo de calculo	0.5-1 horas por simulación

La Tabla 5 muestra los parámetros de la aleación AA 7075 utilizados en las simulaciones.

Tabla 5. Parámetros del material utilizado en las simulaciones de trefilado.

Material	Aluminio 7075 (*)			
Comp. Química	5.65 Zn - 1.70 Cu - 0.23 Cr - 0.34 Fe - 0.40 Si 0.30 Mn – 2.50 Mg – Al resto			
Propiedades Mecánicas	Tensión de Fluencia		180 MPa	
	M. de Young	71 GPa	M. de Poisson	0.33
Valor crítico de daño Latham-Cockroft [19]	0.28/0.32			
Curva de Flujo [19]	 $\sigma_F = 310MPa \varepsilon^{0.11}$			

(*) El material planteado se encontraba recocido. El tratamiento térmico consistía en un recocido a 413°C durante 150 minutos y luego enfriado a 260 °C a razón de 30°C/min. El ensayo de compresión se realizó a 12 mm/min.

La Tabla 6 muestra las reducciones y dimensiones planteadas para cada pasada y simulación.

Tabla 6. Diámetros y espesores esperados para cada simulación.

	Diámetro exterior mm	Espesor mm
1° Pasada de reducción (1/3)	25.00	2.45
2° Pasada de reducción (2/3)	24.50	2.38
3° Pasada de reducción (3/3)	24.00	2.31
Reducción de 10%	24.50	2.38
Reducción de 15%	24.00	2.31

3. RESULTADOS

3.1 Simulaciones de Laminación por Paso Peregrino de Tubos

3.1.1 Cargas de laminación

La Figura 7 muestra las cargas sobre una pasada de laminación de las simulaciones con el material ensayado y la curva de valor teórico. También se muestra la curva de tendencia de los valores de las simulaciones.

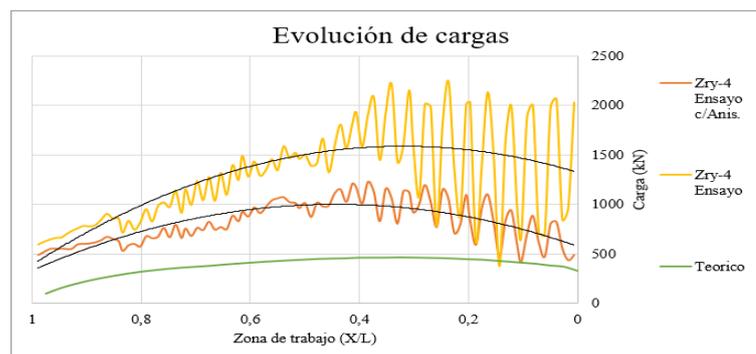


Figura 7. Cargas de laminación con curva de flujo de material de ensayo y anisotropía.

La Figura 8 muestra las cargas sobre una pasada de laminación de las simulaciones con el material ensayado, el de la base de datos de Simufact (ambos con anisotropía) y la curva de valor teórico. También se muestra la curva de tendencia de los valores de las simulaciones.

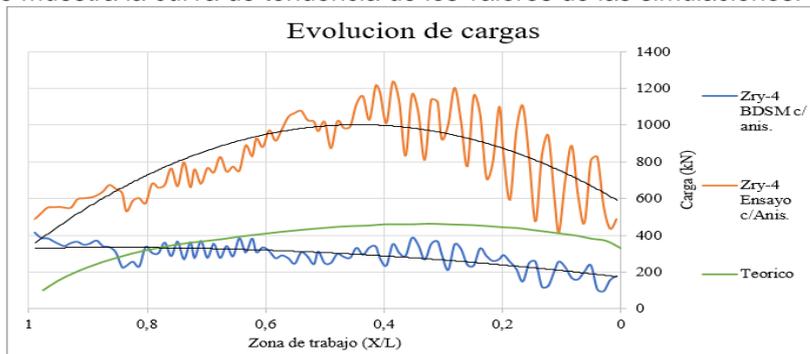


Figura 8. Cargas de laminación con curva de flujo de material de ensayo, de base de datos usando anisotropía.

3. 1. 2 Daño

La Figura 9 muestra las distribuciones de daño sobre la geometría del tubo deformado.

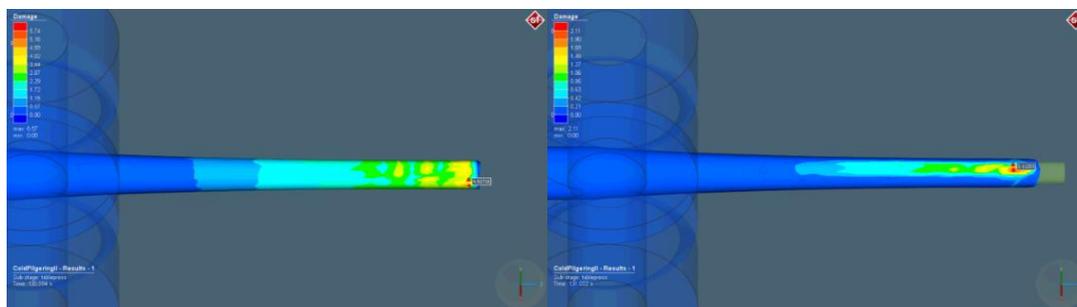


Figura 9. Daño sobre garganta, Zry 4 – Ensayo c/anisotropía. Zry 4 – Ensayo s/anisotropía.

La Tabla 11 muestra los valores representativos de daño obtenidos en las distintas simulaciones. Las mediciones de daño en cada simulación fueron:

Tabla 7. Valores de daño obtenidos.

Simulación	Daño base	Daño Pico
Zircaloy 4 – BDSM c/ Ani.	0.40	2.39
Zircaloy 4 – Ensayo c/ Ani.	0.30	2.11
Zircaloy 4 – Ensayo	2.00	4.92

3. 1. 3 Dimensiones finales

La Tabla 8 muestra las dimensiones finales y la Figura 10 indica los valores de Q obtenidos en las simulaciones en el rango de valores aceptables para asegurar la ausencia de defectos.

Tabla 8. Valores de dimensiones finales de simulaciones

Simulación	Diámetro exterior mm	Espesor mm	Reducción en área %	Q
Zircaloy 4 – BDSM c/ Ani.	25.36	2.62	76.3	2.219
Zircaloy 4 – Ensayo c/ Ani.	25.42	2.53	76.9	2.318
Zircaloy 4 – Ensayo	25.64	2.59	76.2	2.303
Teórico	25.40	2.44	80.0	2.401

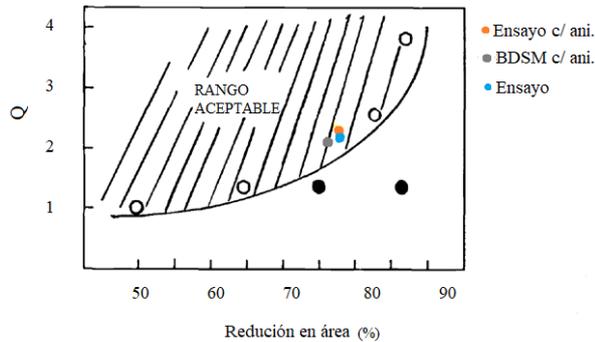


Figura 10. Rango de valores de Q sin la formación de fisuras superficiales. [20]

3.2 Simulaciones de Trefilado de tubos

3.2.1 Cargas de trefilado

La Figura 11 muestra los perfiles de carga de trefilado de las 3 de pasada múltiple con una matriz de 22°. La Figura 12 muestra los perfiles de carga de trefilado de las 2 pasadas únicas con una matriz de 22°.

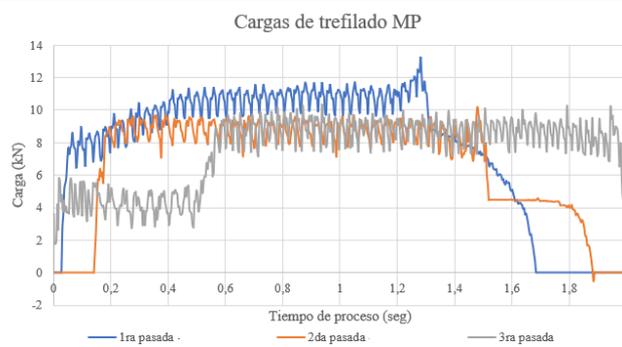


Figura 11. Cargas de trefilado de las simulaciones de múltiple pasadas

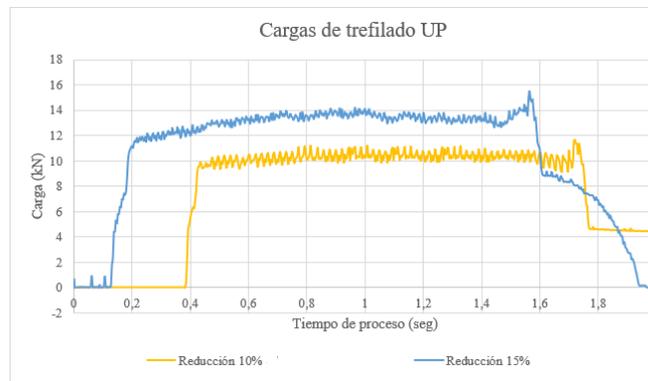


Figura 12. Cargas de trefilado de las simulaciones de pasadas únicas.

La Tabla 9 muestra los valores de carga de trefilado promedios y su desviación de las simulaciones correspondientes.

Tabla 9. Valores promedios y desviación de cargas de trefilado obtenidos de las simulaciones correspondientes

Simulación	Cargas promedio de simulación (kN)					
	10°		16°		22°	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
1° Pasada	12,25	0,27	8,16	0,72	10,30	1,01
2° Pasada	9,33	0,17	7,98	0,37	8,86	0,53
3° Pasada	8,33	0,28	8,30	0,60	8,84	0,70
10% Red.	26,96	0,65	11,26	0,73	10,02	1,22
15% Red.	28,12	---	24,67	0,67	13,15	0,60

3.2.2 Tensiones residuales

La Tabla 10 muestra los valores de tensiones residuales, externas e internas y circunferenciales y longitudinales para los distintos ángulos simulados.

Tabla 10. Tensiones residuales de los tubos simulados.

	Tensiones Circunferenciales MPa						Tensiones Longitudinal MPa					
	10°		16°		22°		10°		16°		22°	
	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
2° Pasada	-27,9	120,2	-111,8	130,5	-127,7	169,9	-83,1	218,1	-278,5	248,3	-288,2	266,2
3° Pasada	-34,7	124,4	-112,9	141,7	-156,0	173,9	-92,1	226,0	-292,4	266,8	-308,6	260,3
10% Red.	-22,4	13,3	-34,7	104,4	-32,6	121,0	-46,4	27,7	-92,4	182,1	-89,3	223,5
15% Red.			-34,1	35,5	-41,9	94,3			-76,1	50,8	-115,7	162,4

3. 2. 3 Daño

La Tabla 11 muestra los valores de daño LC superficial tomados de las superficies internas y externas de los tubos simulados, donde presentaron mayores valores.

La Figura 13 muestra el patrón de daño que se obtuvo en las simulaciones con mayores valores de daño.

Tabla 11. Valores de daño obtenidos de las Simulaciones, valor en la superficie interna / superficie externa.

Daño máximo			
Simulación	10°	16°	22°
2° Pasada	0,10/0,07	0,14/0,12	0,15/0,11
3° Pasada	0,15/0,11	0,21/0,15	0,25/0,22
10% Reduc. Área	0,05/0,09	0,09/0,13	0,13/0,12
15% Reduc. Área	----	0,10/0,11	0,14/0,18

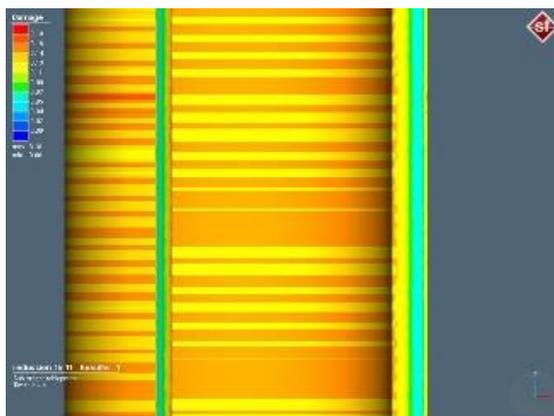


Figura 13. Imagen de la distribución de daño en el tubo obtenido con la simulación de 15% de reducción con 22° de ángulo de matriz.

3. 2. 4 Dimensiones finales

La Tabla 12 presenta las dimensiones finales en cada simulación.

Tabla 12. Dimensiones de tubos obtenidos en las simulaciones

Simulación	10°		16°		22°	
	Diámetro Ext mm	Espesor mm	Diámetro Ext mm	Espesor mm	Diámetro Ext mm	Espesor mm
2° pasada	24,496	2,380	24,496	2,380	24,464	2,358
10% Reducción	24,506	2,383	24,496	2,380	24,478	2,371
Teórico	24,500	2,380	-	-	-	-
3° pasada	23,992	2,307	23,980	2,301	23,940	2,276
15% Reducción	---	---	24.000	2,310	23,994	2,308
Teórico	24,000	2,310	-	-	-	-

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. 1 Laminación por paso peregrino

Se observa el efecto de utilizar curvas de flujo de diferentes variables, deformación y velocidad de deformación. La correspondiente al material BDSM tiene menores valores respecto de la teórica y menor fluctuación.

La curva de tendencia asociada a cada curva muestra una buena relación con los valores teóricos y la misma disminución de cargas, en el tramo 0.4-0 en el cual la deformación disminuye.

El modelo de anisotropía Hill 48 produce una disminución de las cargas obtenidas en todo el tramo de deformación del tubo, también mantiene la relación con la curva teórica. La curva de flujo de ensayo y anisotropía muestra mayor semejanza a la teórica. Las curvas de cargas de laminación obtenidas muestran una fuerte dependencia con el modelo de curva de flujo utilizado. Estos mismos dependientes únicamente de la deformación y de velocidad de deformación, por separado, no son suficientes.

4. 1. 1 Daño

El cálculo de daño mostró una mayor dependencia con el modelo Hill 48. Obteniéndose valores menores tanto de base, pico y una distribución más homogénea sobre la pieza. Los valores picos pueden asociarse a la formación de defectos, como fisuras, mientras que el valor base se puede asociar a defectos superficiales de difícil detección a simple vista.

Los valores de Q no alcanzaron el valor teórico lo cual indica que él no se produjo la deformación total sobre el material. Esto se verifica con las dimensiones finales alcanzadas en cada simulación, siendo que la reducción en área más cercana es del 77%, frente al 80% teórico. Sin embargo, a pesar de no alcanzar las dimensiones finales, los valores de Q entran dentro del rango apropiado para dichas reducciones donde se asegura la no presencia de fisuras superficiales [20]. Con esto último los valores de daño obtenidos entrarían en valores inferiores a los correspondientes a la formación de defectos.

4. 2 Trefilado

Los patrones de carga obtenidos son similares a los observados en bibliografía [33]. En estos se puede distinguir el ingreso del tubo en la matriz, el aumento de contacto y fricción hasta alcanzar el estado estacionario del proceso. Los valores de carga media muestran que el uso de la matriz con un ángulo de 16° minimiza las cargas, lo cual es planteado en la bibliografía [21]

De las medidas de tensiones residuales hechas resalta el caso de las simulaciones de reducción de 10% con 10° y 15% con 16°, las cuales tienen los valores residuales más bajos.

Los valores mínimos de daño se obtuvieron en las simulaciones de 10% de reducción con 10° de matriz y 15% de reducción con 16° de matriz. La distribución de daño en la geometría mostró un patrón de anillos sobre la superficie externa, este patrón se asoció al bulging, el cual es un defecto caracterizado por formar marcas circunferenciales completas durante el proceso.

Las dimensiones alcanzadas con las matrices con ángulo de 10° y 16° son bastantes cercanas a las deseadas, especialmente las obtenidas con 16°. En el caso de las matrices de 22° los diámetros son menores y a esto se suma el hecho de las variaciones de diámetro.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados y su análisis se puede concluir lo siguiente:

a- El software resultó ser muy versátil para poder configurar simulaciones de laminación por paso peregrino y trefilado de tubos, también la compatibilidad que posee con diversos modelos permite hacer un análisis con más precisión del estado del material una vez simulado el proceso.

b- Los resultados de las simulaciones mostraron una fuerte dependencia con la curva de flujo utilizada, así también los modelos agregados en el análisis. Esto muestra la importancia de este parámetro para definir al material. La poca cantidad de información relacionada a materiales como zircaloy y otras aleaciones tecnológicas hacen necesaria la realización de ensayos para definir de forma efectiva la curva de flujo, pero otra vez no tiene mucha información para su comparación.

c- Es importante la verificación con el proceso real, esto permite una retroalimentación en la simulación y la obtención de resultados más próximos al proceso y al estado de la pieza y sus propiedades.

d- Las simulaciones de laminación por paso peregrino muestran que se puede hacer un buen análisis de las dimensiones finales y de la presencia de defectos.

e- El análisis de trefilado de tubos con distintas configuraciones permitió hacer un análisis de todos los casos y poder seleccionar entre las de mejores dimensiones obtenidas, menores daño y tensiones residuales en la pieza final.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] EcuRed. (2019). *Simulación de Procesos*. (2019). <https://www.ecured.cu/>

- [2] The FABRICATOR. (2016). *Introducing cold pilger mill technology*. <https://www.thefabricator.com>
- [3] Stapleton G.. (1996). *Cold Pilger Technology*. Glen Stapleton. CA. Estados Unidos.
- [4] Gurao, N.P., Akhiani H., y Szpunar J.A. (2014). Pilgering of Zircaloy-4: Experiments and simulations. *Journal of Nuclear Materials (453)*, pp. 158-168. Elsevier Science : Amsterdam.
- [5] E. Siebel and F.W. Neumann. (1954). Das kaltpilgern von Rohren Versuchsergebnisse und Untersuchungen über dem Walzvorgang, *Stahl und Eisen*, 74, 3 139-145. Alemania
- [6] Torres, J. (2018). *Trefilado: Proceso, Tipos y Aplicaciones*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/trefilado>
- [7] Lancestremere, J.C. Mareglia, J. Barr. (2004). *Fundamentos de la trafilación*, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina.
- [8] G. E. Dieter et al. (2003). *Handbook of workability and process design*. ASM International. www.asminternational.org . Pág. 278. Matriz de trefilado [Grafico].
- [9] Andreas Öchsner, Marco Öchsner. (2018). *A First Introduction to the Finite Element Analysis Program MSC Marc/Mentat*. Springer International Publishing
- [10] Hill, R.. (1948). A Theory of the Yielding and Plastic Flow of Anisotropic Metals. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 193 (1033), 281–297. doi:10.1098/rspa.1948.0045
- [11] *Manual de aplicaciones*, Simufact Forming.
- [12] M. G. Cockroft and D. J. Latham. (1968). Ductility and the Workability of Metals. *Journal of the Institute of Metals*, Vol. 96, 1968, pp. 33-39. London
- [13] Aubin, J. L., Girard, E., and Montmitonnet, E. (1994). Modeling of Damage in Cold Pilgering. *Zirconium in the Nuclear Industry: Tenth International Symposium, ASTM STP 1245*, pp. 245-263. A. M. Garde and E. R. Bradley, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [14] Quan, G. Z., Wang, Y. X., Zhou, J., & Chen, B.. (2010). A Study on Al-6061-T6 Tube Drawing Limit Based on Critical Damage Value. *Advanced Materials Research*, 102-104, 69–73. Trans Tech Publications. Switzerland
- [15] Dieter, G.. (1986). *Mechanical Metallurgy*. McGraw-Hill Education. Singapore.
- [16] Gaihuan, Y., Baifeng, L., Lian, W., Linhua, C., & Qing, L. (2018). On the Pilger Rolling of Zr-4 Alloy: Finite Element Modeling and Plastic Deformation Behavior. *Rare Metal Materials and Engineering*, 47(1), 82-88. Elsevier. Amsterdam.
- [17] Manelli, J.. (2018). *Control de procesos de laminación por paso peregrino: Evaluación de materia prima, material intermedio y lubricantes*. Tesis final de grado. ITJS. UNSAM.
- [18] Cornachiulo, F.. (2019). *Análisis tribológico en procesos de deformación en frío: Laminación por paso peregrino y Trefilación de tubos sin costura*,. Tesis final de grado. ITJS. UNSAM.
- [19] Kvačakaj, T., Tiža, J., Bacsó, J., Kováčová, A., Kočiško, R., Pernis, R., Fedorčáková, M., & Purcz, P. (2014). Cockcroft-Latham Ductile Fracture Criteria for Non Ferrous Materials. *Materials Science Forum*, 782, 373-378. Margita Longauerová and Pavol Zubko. Stará Lesná, Slovak Republic
- [20] Abe, H., Matsuda, K., Hama, T., Konishi, T., Furugen, M., (1994). Fabrication process of high nodular corrosion-resistant Zircaloy-2 tubing. *ASTM Spec. Tech. Publ. (1245)*, pp. 285-306. Philadelphia. Estados Unidos.
- [21] Boutenel, F., Delhomme, M., Velay, V., & Boman, R.. (2018). Finite element modelling of cold drawing for high-precision tubes. *Comptes Rendus Mécanique*, 346(8), 665-677. Elsevier. Amsterdam

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los Sres. Gustavo Pérez, Luis Fernández, Gerardo Di Paolo y Jorge Heredia y a los Ing. Martín Pota, Diego Delfino y Tomás Bonello de Conuar S. A.

Adaptación de lámparas LED comerciales estándar de 14W para ser dimerizadas

Estrella, Jorge; Cadena, Carlos

INENCO - CONICET, Universidad Nacional de Salta.
estrellajorgeeduardo@gmail.com, cadenacinenco@gmail.com

RESUMEN

En el presente artículo se expone una estrategia de trabajo para convertir en dimerizables lámparas LED. Son de una reconocida marca (y posiblemente esto se pueda generalizar) y una determinada potencia (ya que a distintas potencias dentro de la misma marca los voltajes y demás parámetros eléctricos son diferentes). Se tomó un modelo comercial con información de potencia y flujo luminoso conocido, para modificarla y convertirla en lámpara dimerizable, sin que deje de ser alimentada por 220V de red. No solo será dimerizable, sino que será capaz de mantener la intensidad lumínica ambiental total (la de la lámpara, más la ambiental neta) con ayuda de un sensor muy económico del tipo LDR. Se actuará, mediante electrónica digital, sobre tal magnitud según un parámetro prefijado. Esto se consigue con un circuito electrónico simple que permite seleccionar una intensidad lumínica adecuada, dentro de un cierto rango. Para tal propósito se utilizará un microcontrolador PIC. El mismo se encarga del procesamiento de datos y modifica mediante una salida PWM la intensidad luminosa de la lámpara para así llegar al objetivo deseado. El objetivo final entonces será el de optimizar y/o maximizar el uso eficiente de este tipo de lámparas. Tratar de mantener una intensidad lumínica seteando por medio de un potenciómetro para que en el espacio circundante de la lámpara exista un flujo luminoso, podría decirse que los valores prácticos constantes de flujo luminoso forman curvas de nivel en el espacio donde se encuentra ubicada dicha lámpara. Esto permite un ahorro de energía adicional además del simple uso de las lámparas LED como un estado de on (intensidad completa) u off (intensidad cero), además de diseñar el circuito controlador, modificar el circuito de la lámpara en sí mismo para llegar al objetivo y utilizar componentes los más económicos posible.

Palabras Claves: electrónica, lámpara, LED, iluminación.

ABSTRACT:

This article presents a work strategy to convert lamps of a recognized brand into dimmable lamps (and possibly this can be generalized) and a certain power (since at different powers within the same brand the voltages and other electrical parameters are different). A model of a commercial brand was taken with information about, power and known luminous flux, to modify it and turn it into a dimmable lamp without stopping being powered by 220V mains. Not only will it be dimmable, but it will also be able to maintain the total ambient light intensity (that of the lamp, plus the net ambient) with the help of a very inexpensive sensor (LDR). It will act, by means of digital electronics, on such magnitude according to a settable parameter. This is achieved with a simple electronic circuit that allows selecting the acceptable light intensity, within a certain range. For this task, a PIC microcontroller will be used that is responsible for data processing and modifies the light intensity of the lamp through a PWM output in order to reach the desired objective.

The present work also has the objective of optimizing and / or maximizing the efficient use in terms of energy consumption of this type of lamps. Try to maintain a light intensity setting by means of a potentiometer so that in the space surrounding the lamp there is a luminous flux, it could be said that the constant practical values of luminous flux form contour lines in the space where said lamp is located. This allows additional energy savings in addition to simply using the LED lamps as an on (full intensity) or off (zero intensity) state, in addition to designing the controller circuit, modifying the lamp circuit itself to reach the aim and use the most economical components possible.

Keywords: electronics, lamp, LED, lighting.

1. INTRODUCCIÓN

Se explica el procedimiento para dimerizar una lámpara LED de 220 VAC [1], así mismo se expone la implementación de un sistema electrónico automático para mantener constante la intensidad lumínica. Esto en un determinado punto del espacio, que como se verá, es relativo, porque se debe tener en cuenta la luz natural o de luminarias que ingresan desde el exterior hacia el lugar que se pretende automatizar la iluminación. Cabe mencionar que si la luz exterior o natural que ingresa al cuarto de mediciones, por razones obvias el sistema no podrá mantener un valor constante de nivel lumínico, sino que presentará un pico de Luxes medidos fuera del rango de seteo deseado. La luz exterior o ambiente es mucho más intensa que la que proporciona la propia lámpara LED [2]. Las primeras mediciones que se realizaron fueron para observar la variación de la resistencia de un LDR (uno de los modelos LDR más económicos) con respecto a la intensidad lumínica ambiental exterior, o sea a la debida al sol. Se llevó a trazar una curva que podía relacionar estos datos obtenidos entre el nivel de intensidad lumínica y el valor que tomaba el LDR, la línea de tendencia otorga un valor R^2 relativamente aceptable (alrededor del 0,95), pero incluir la ecuación que relaciona la medición del LDR con los Luxes medidos, complica la programación y consumía recursos de los cuales con el PIC que se trabajaba no se contaba. Entonces para facilitar la programación y ahorrar recursos, solo se decidió setear con un potenciómetro conectado a una entrada analógica del PIC. Este permite seleccionar la intensidad lumínica dentro de un cierto rango, de manera constante, las entradas analógicas de dicho PIC que tienen internamente un módulo conversor ADC con una resolución de 10 bits. Es decir 1024 niveles posibles de valores según el voltaje de referencia tomado por el conversor (que en este caso fue de 5VCC, el de la alimentación), luego el sensor de luz, como ya se mencionó, es una simple LDR común, la cual sensa la luz ambiental y también envía una señal a una entrada analógica de tal PIC, el LDR está conectado en serie con una resistencia de valor fijo, los dos valores analógicos se comparan en el PIC y según la diferencia entre ambos, se decide aumentar o disminuir el duty cycle de un PWM por software, que mediante una etapa de potencia constituida básicamente por un MOSFET, se controla la intensidad lumínica de la lámpara LED, para así posicionar en algún lugar estable la intensidad de la lámpara. Cabe mencionar que se dio prioridad al ahorro energético adicional que proporciona un dimmer de estas características a luminarias del tipo LED, a la economía de los elementos necesarios para construir el dimmer y también para realizar la modificación en la lámpara LED que se convertirá en dimerizable y a una solución lo más sencilla posible, sin tener que realizar grandes modificaciones ni realizar complejos circuitos adicionales.

2. MEDICIONES Y TOMA DE DATOS PARA RELACIONAR EL VALOR OHMICO DEL LDR CON LA INTENSIDAD LUMINICA RECIBIDA

Para obtener la curva que relaciona la resistencia del LDR con los Luxes medidos, se utilizó un dispositivo datalogger construido para dicho fin. El datalogger, es un dispositivo que permite medir variables, y almacenarlas en una memoria. Luego, es posible utilizar los datos guardados, para su posterior análisis. Este dispositivo se construyó con elementos de la tecnología Arduino y otros elementos compatibles a este. El datalogger permite tomar mediciones a través de una entrada analógica de una plaqueta Arduino UNO y almacenarla en una memoria micro SD. En rigor lo que se midió es la variación de voltaje de un divisor de tensión transformado en un entero entre 0 y 1023. Este intervalo de enteros es debido a la resolución del módulo ADC del Arduino, este es de 10 bits, por lo tanto puede tomar 1024 valores diferentes. La relación es directamente proporcional entre el voltaje y el número entero. Por ejemplo para un voltaje de cero volt, el número entero vale 0, y para un voltaje de 5 V, el valor entero es de 1023. El divisor de tensión está formado por una resistencia fija y un LDR. Un LDR es una resistencia cuyo valor es sensible a la intensidad lumínica. Es decir, el valor en ohmios de este componente pasivo, depende de la luz que incide sobre su superficie receptora. También depende de otros factores, como la temperatura, pero en mucha menor medida, y en este caso no se tuvo en cuenta esta magnitud. Estas mediciones sobre el divisor de tensión, arrojaron uno de los datos de interés. El otro dato, que ya se mencionó, fue la intensidad lumínica, que se midió mediante un luxómetro digital compatible con la tecnología Arduino. También se utilizó un reloj RTC (Reloj de Tiempo Real) que proporcionó la fecha y hora exacta en que se tomó cada medición. Se debe mencionar que para disminuir los errores y ruidos eléctricos, se realizó una serie de mediciones separadas por intervalos de tiempos constantes, estas se promedian y luego se guardan en la memoria del datalogger.

En la Figura 1 puede observarse la curva obtenida con los datos almacenados en el datalogger, como así también la ecuación que relaciona de manera “indirecta” los valores del LDR para distintos valores de Luxes.

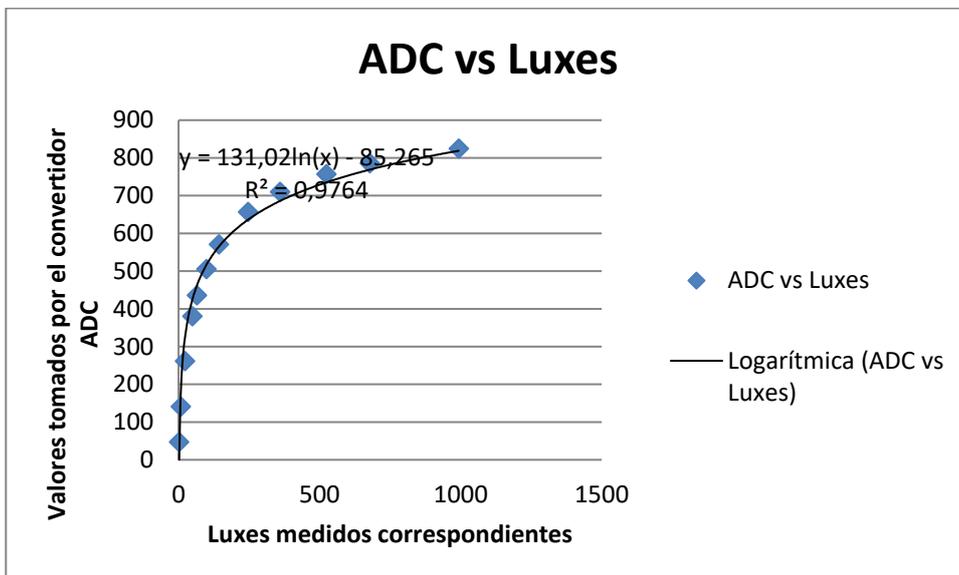


Figura 1 Relación entre el LDR y los Luxes medidos.

El nombre de ADC [3] proviene del Convertidor Analógico Digital, ya que como se mencionó este opera con 10 bits, por lo tanto es posible medir valores en 1024 “escalones” según el voltaje de referencia que es de 5VCC en este caso (esto en el eje de las ordenadas). En el eje de las abscisas se colocó como variable independiente los Luxes medidos. Puede observarse en la figura que la curva de ajuste es del tipo logarítmica, con un R^2 de más de 0,97. Se debe recordar, que el R^2 , es un parámetro o un indicador estadístico, que proporciona una idea de la aproximación de la curva de tendencia al comportamiento descrito por los valores medidos. En este caso, R^2 indica una buena aproximación de la curva a los datos obtenidos. Aunque ya se mencionó la razón por la cual la ecuación de la curva, no es tenida en cuenta en la programación, se incluye aquí a modo informativo.

A partir de la ecuación obtenida de la línea de tendencia, se puede obtener el valor del voltaje según el valor del eje en donde se mide el valor ADC, la ecuación es la Ecuación (1) siguiente:

$$V_i = \frac{ADC_i \times VCC}{1023} \quad (1)$$

Con la Ecuación (1) se obtiene la gráfica de la Figura 2.

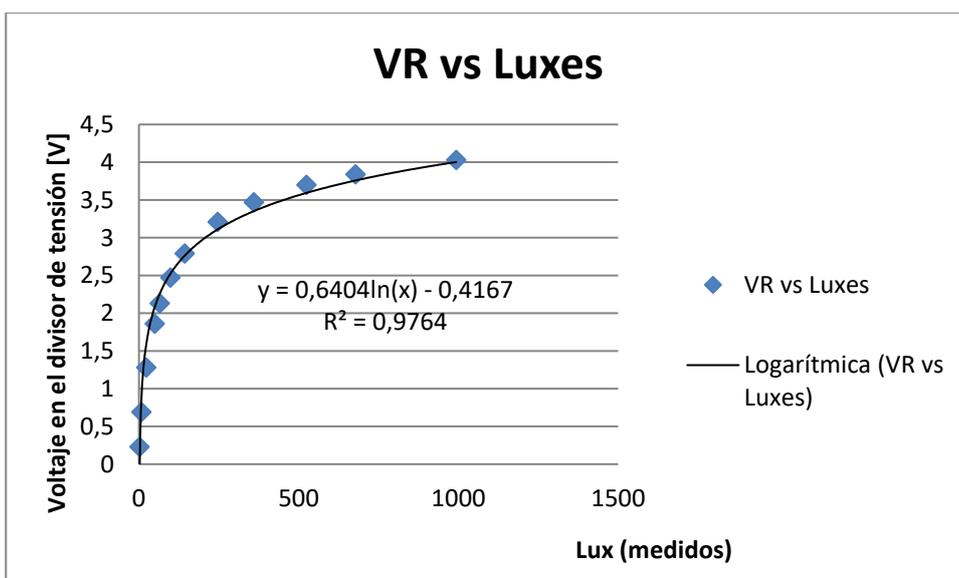


Figura 2 Valor del voltaje en el divisor de tensión según los Luxes medidos.

Para transformar a un valor del LDR (óhmico), se aplica la fórmula del divisor de tensión para el circuito de la Figura 3, según la ley de Ohm, obteniéndose la Ecuación (2):

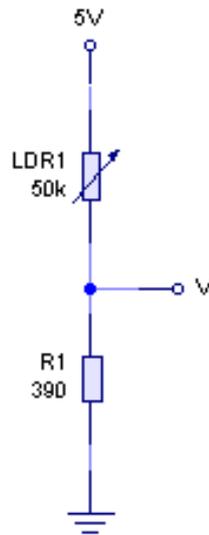


Figura 3 Divisor de tensión formado por una resistencia fija y el LDR.

$$R_{LDR} = \frac{390 \text{ ohm} \times V_{CC}}{V_i} - 390 \text{ ohm} \quad (2)$$

En la Tabla 1 puede observarse un resumen de los cálculos obtenidos en cada columna. Las dos primeras columnas son las mediciones realizadas a partir de la cual se obtiene la gráfica de la Figura 4. La siguiente columna se obtiene a partir de la Ecuación (1), y la última columna de la derecha se obtiene a partir de la Ecuación (2). En la gráfica, según la Ecuación (2), se muestra una relación directa entre los Luxes medidos y el valor óhmico del LDR. Mientras que en la gráfica, según la Ecuación (1) se muestra una relación directa entre el voltaje medido y los Luxes medidos. Esta última es idéntica a la que muestra el valor ADC según los Luxes medidos, ya que el valor ADC, como se dijo anteriormente, implícitamente está relacionado proporcionalmente al voltaje introducido a la entrada analógica en el Arduino proveniente del divisor de tensión.

Tabla 1 Valores medidos y resultados de la Ecuación (1) y la Ecuación (2).

Luxes	ADCi	Vi	RLDR(ohm)
1	47	0,23	8088
8	141	0,69	2436
23	262	1,28	1133
49	381	1,86	658
65	436	2,13	525
98	505	2,47	399
143	571	2,79	309
246	657	3,21	217
360	710	3,47	172
524	757	3,7	137
678	786	3,84	118
993	825	4,03	94

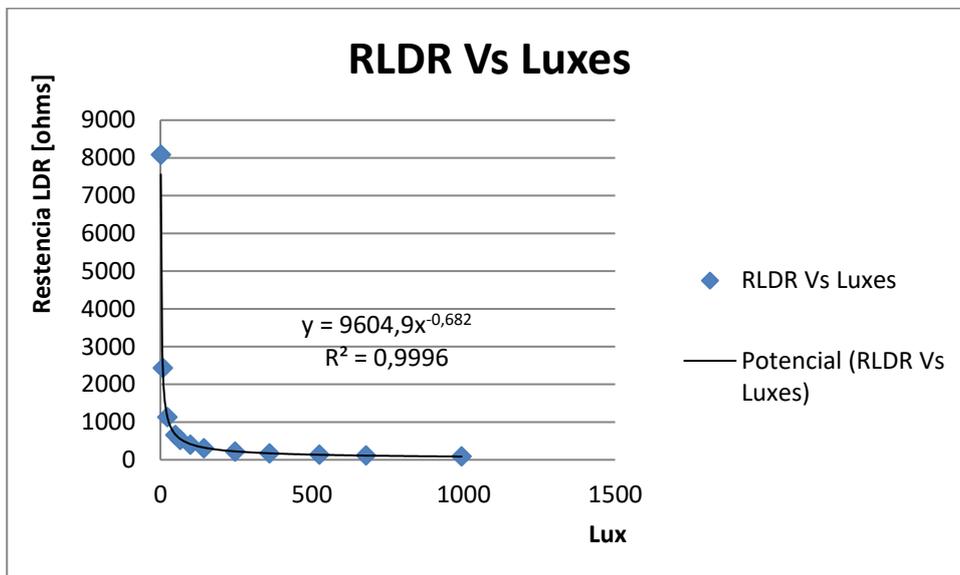


Figura 4 Variación óhmica del LDR con respecto a los Luxes medidos.

3. MEDICIONES Y TOMA DE DATOS DEL PROTOTIPO INSTALADO EN UNA HABITACION

El prototipo se instaló en una habitación sobre una mesa de trabajo, reemplazando la lámpara común por la que fue modificada y abriendo la celosía de la ventana para permitir el ingreso de la luz exterior solar y de las luminarias. Para llevar a cabo tal trabajo se realizó una modificación menor al datalogger utilizado para medir la relación entre el LDR y los Luxes medidos, solo se deshabilitó la rama en serie del LDR con la resistencia fija de la que se extraía una señal para la entrada analógica del Arduino. El tiempo de medición total fue de tres días, y los datos obtenidos fueron distintos niveles promedios de Luxes medidos a lo largo del día cada día, cada un minuto. En la Figura 5 se observa el diagrama en bloques del datalogger.

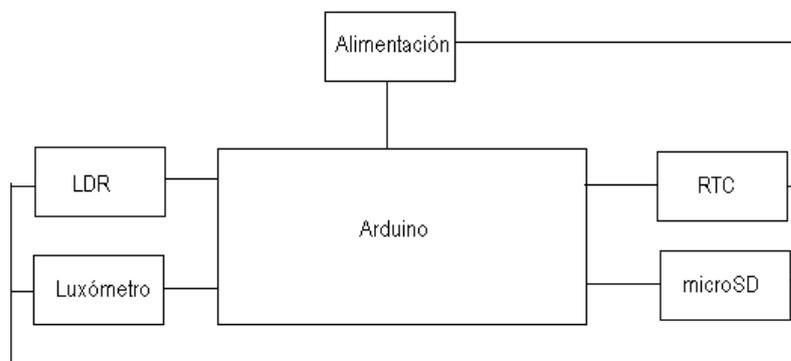


Figura 5 Diagrama en bloques del datalogger.

4. MODIFICACIONES DE LA LAMPARA LED

El circuito eléctrico típico del integrado regulador de corriente RM9003EE, utilizado por la lámpara, puede obtenerse de su hoja de datos (datasheet). Este circuito se observa en la Figura 6. En ella se observan las entradas de alterna (220 VAC en este caso), específicamente la fase (L) y el neutro (N), estas ingresan a un puente rectificador de onda completa constituido por cuatro diodos rectificadores. A la salida del puente rectificador se obtiene GND (es el voltaje de referencia que generalmente se considera de 0 V), y el terminal positivo que es al que se le conecta la tira LED de la lámpara constituida por N LEDs. A continuación, en serie, se encuentra el componente regulador de corriente RM9003X [4] con su resistencia RS entre S y GND.

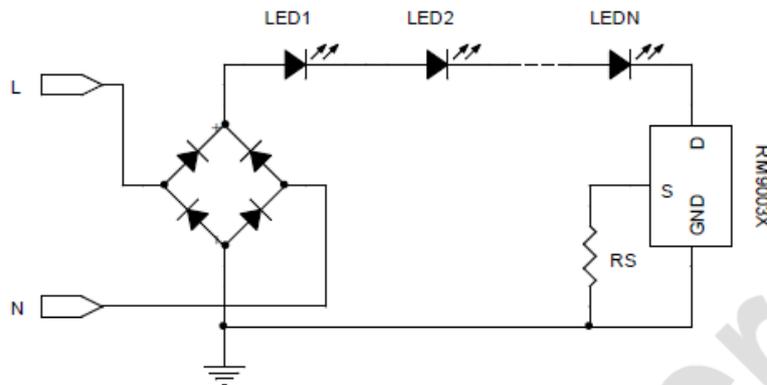


Figura 6 Circuito eléctrico de lámpara LED típico para integrados RM9003X.

En el circuito real de la lámpara LED, se agrega un capacitor electrolítico de 8.2uF, 400 V entre las salidas del puente rectificador (es decir conectado a VCC y GND). La resistencia RS está conformada por dos resistencias en serie. También se agregó una resistencia de 100 Kohm en paralelo con el capacitor mencionado. El capacitor se utiliza para aplanar la señal o salida de VCC del puente rectificador, sin el capacitor esta sería una constante pulsante, el capacitor por sus características de carga y descarga hacen que la señal pulsante pase a asemejarse más a una señal lineal constante, esta aproximación dependerá del valor de capacitor y de la exigencia de la carga eléctrica. Mientras mayor sea el valor del capacitor y menor la carga eléctrica, mejor será la aproximación a una constante lineal a la entrada de la tira LED. El circuito real puede observarse en la Figura 7

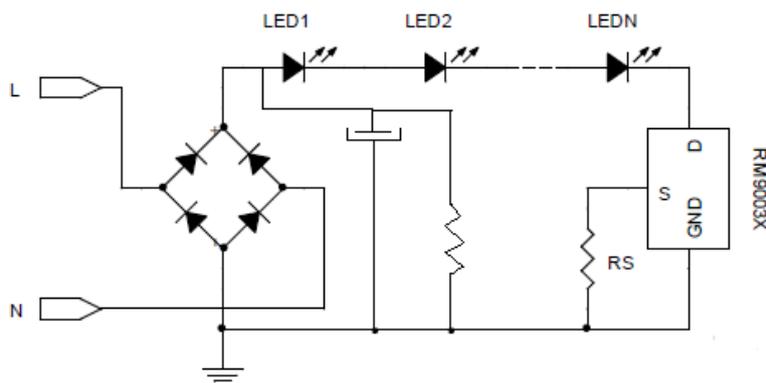


Figura 7 Circuito eléctrico real de la lámpara LED.

La primera modificación que se realizó, fue abrir el circuito en la pista que conecta VCC con la tira de los LEDs, para medir la intensidad de corriente de consumo de la lámpara en condiciones normales de funcionamiento. Este tipo de mediciones se realizan en serie, es por ello que se decidió cortar el circuito en este punto y colocar el instrumento de medición (un amperímetro digital). Esto puede observarse en la Figura 8. También se midió la caída de tensión en la tira LED (para realizar esto, no fue necesaria ninguna modificación). Estos dos valores, el consumo de corriente y el voltaje en los LED (que prácticamente es el mismo a la salida del puente rectificador, ya que la caída de voltaje en el integrado RM9003X en estado de conducción es muy baja relativamente a los diodos LED). Estos valores medidos se utilizaron para determinar las características mínimas requeridas para el MOSFET que se utilizaría en la parte del control de potencia. Los valores medidos son:

VDC (caída de tensión en directa en la tira de diodos LED) = 270 VDC.

$I_{LEDs} = 45,6 \text{ mA}$.

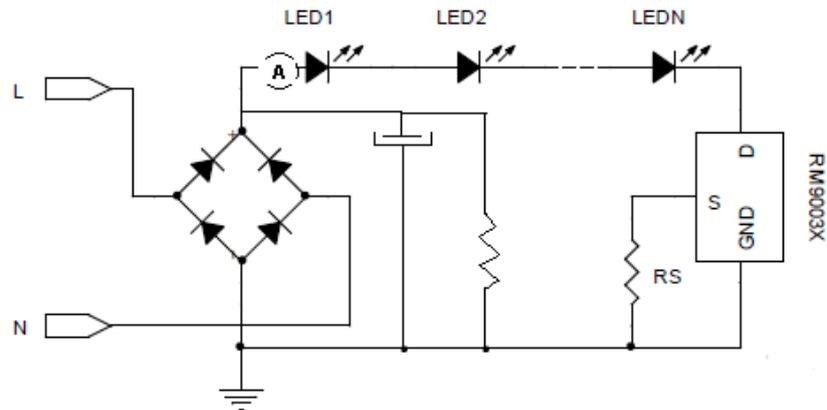


Figura 8 Circuito con amperímetro.

Luego en la Figura 9 se observa el lugar donde se colocó el dispositivo de control de potencia, el cual es un MOSFET, el “gate” o compuerta de disparo se conecta a la salida PWM del circuito del dimmer.

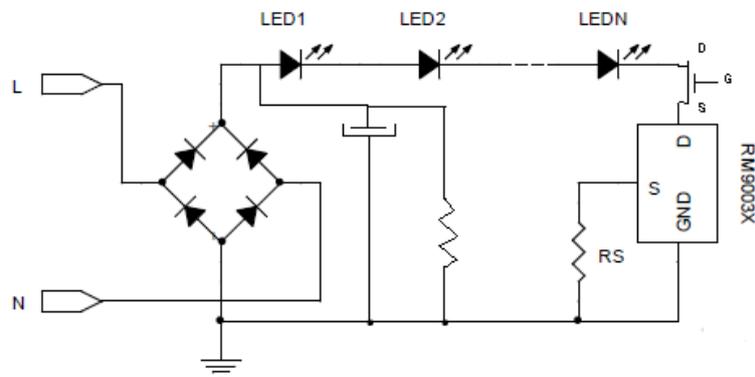


Figura 9 Circuito de la lámpara LED con MOSFET.

En la Figura 10, se observa una foto de la lámpara con los detalles de las modificaciones realizadas. Un cable va dirigido a la pata del Drenador del MOSFET. Otro conductor, a la pata Surtidor del MOSFET. El MOSFET pudo haberse montado en la plaqueta misma de la lámpara, y así evitar tener un cable con voltaje de alrededor de 141V en continua atravesando la sala. Este voltaje de 141 V en continua, se calcula aplicando la Ley de los Voltajes de Kirchoff, restando de los 311 VDC a la salida del capacitor electrolítico, la caída de tensión en la tira LEDs, esto da como resultado los 141 VDC ($311 \text{ VDC} - 170\text{VDC}$). Ya que, en este último caso, solo hubiera hecho falta llevar un cable desde la salida PWM del microcontrolador, que maneja una señal con 5 V pico, que es lo recomendable, por razones de seguridad. Están señalados también, el capacitor electrolítico, las resistencias en serie que conforman la RS conectada entre la pata S y GND del integrado regulador de corriente. También se señalan el regulador de corriente, que es el integrado RM9003EE. Se señala el lugar en donde se hizo el corte de pista para medir la intensidad de corriente en condiciones normales de funcionamiento de la lámpara, este corte luego se unió nuevamente con una soldadura de estaño. Se observa también señalada la tira conformada por los LEDs, numerados del 1 al 16, es decir, 16 LEDs en total. Cabe indicar que, entre los cables que se conectan al Drenador y al Surtidor del MOSFET, se realizó un corte de pista en la plaqueta de la lámpara LED, aunque este no aparece señalado debido a su pequeño tamaño.

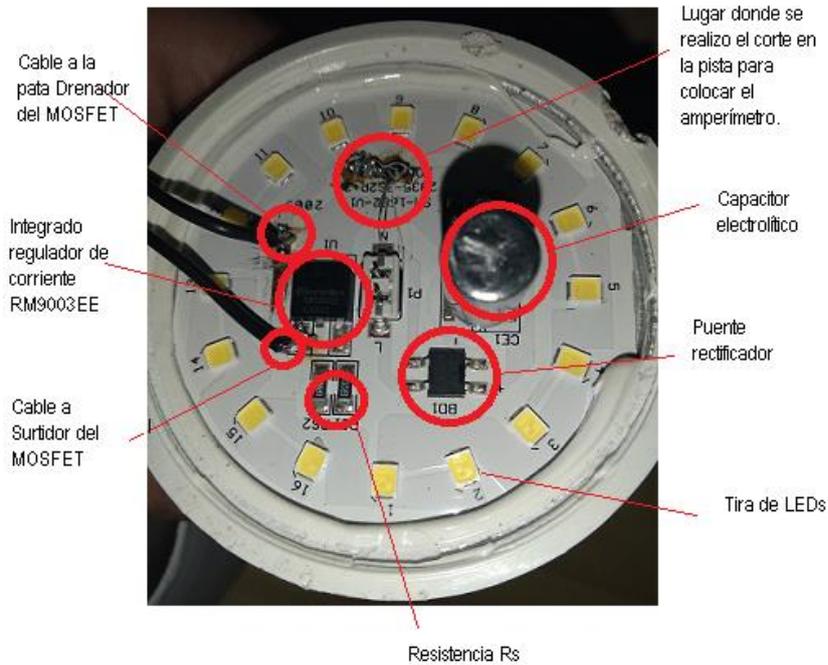


Figura 10 Imagen de la lámpara LED con las modificaciones realizadas.

5. CIRCUITO DIMMER

El circuito encargado del control de la lámpara fue diseñado utilizando como “cerebro” un microcontrolador PIC de la “gama media” de ocho patas, relativamente con escasos recursos. Estos escasos recursos son: memoria limitada, entradas/salidas analógicas y digitales limitadas, sin salida de PWM por hardware, etc. Pero es lo suficientemente potente para llevar a cabo la tarea que se le asignó. Se seleccionó este microcontrolador debido a su bajo costo, ya que en el momento de escribir este trabajo tenía un costo de alrededor de \$2,5. En la Figura 11 puede observarse el diagrama en bloques del circuito completo.

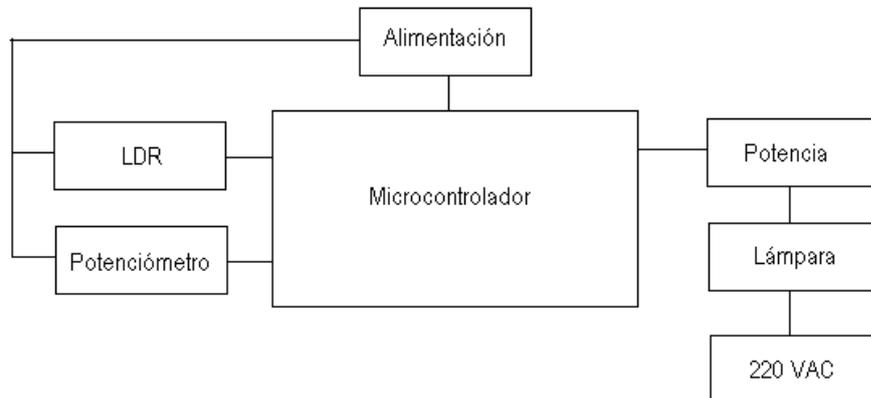


Figura 11 Diagrama en bloques del circuito completo.

El microcontrolador se trata del PIC12f675 [5,6], este no cuenta con PWM por hardware. Por lo tanto se decidió, mediante programación, realizar un PWM por software. Para ello se utilizó el TMR1 y el servicio de interrupciones del microcontrolador. Con estas herramientas se pudo obtener un PWM denominado por software, ya que se realizó por programación del propio PIC. La razón del PWM por software, es que abarata el costo del microcontrolador al no contar con esta herramienta por hardware. La desventaja es que el PWM por software es relativamente de frecuencias bajas y también de baja resolución. En nuestro caso la frecuencia de trabajo oscila alrededor de los 150 Hz con una resolución del PWM de 50. Cuando hablamos de la resolución del PWM, nos referimos a la variación del “duty cycle”, o lo que es lo mismo a la relación del estado alto de la salida del PWM en magnitudes temporales, respecto al periodo de la señal PWM. Al no ser un PWM “analógico” las variaciones del duty cycle se realiza de forma discreta, y no continua (como una señal analógica). Por lo tanto al incrementarse o decrementarse el duty cycle, este va realizando pequeños saltos (más pequeños mientras mayor sea la resolución), según corresponda. Aun así,

la frecuencia del PWM es lo suficientemente elevada para que el ojo humano no detecte los cambios de “on a off” y viceversa de la lámpara. La desventaja más importante quizás se encuentra en la resolución del PWM, la cual provocaría que en los saltos de los escalones contiguos se produzca una variación de la intensidad lumínica que generaría oscilaciones o inestabilidad al intentar ubicar la luminosidad entre cierto rango, ya que el salto no lograría posicionar dicha intensidad dentro de dicho rango. Esto debido al que el salto haría caer fuera del rango seteado, el punto de funcionamiento lumínico de la lámpara.

El diagrama de flujo del programa cargado al PIC puede observarse en la Figura 12. En Inicio se configuran los fuses, se declaran variables y se configura el ADC. Luego se configura el TMR 0, a continuación se configura el TMR 1. El paso siguiente es realizar las mediciones analógicas de los dos canales (LDR y Potenciómetro de seteo) y promediarlas. Esto se realiza por medio de un bucle cerrado ya que para promediar se llevan a cabo 10 mediciones cada cierto intervalo de tiempo. Luego se ingresa a un condicional “if” en donde se comprueba si el valor medido por el LDR se encuentra en el rango aceptable, de ser positiva la respuesta se decide por no modificar el “duty cycle” del PWM (es decir se mantiene la intensidad lumínica de la lámpara), en caso contrario se modifica el “duty cycle” hasta llegar al rango aceptable dentro del seteado.

Si se desea cambiar la intensidad lumínica en el ambiente de trabajo, solo se debe actuar sobre el potenciómetro y dejar que el dimmer posicione la intensidad deseada. La intensidad cambiara, y en no más de 5 segundos se estabilizara el dimmer en la posición deseada. Esto debe llevarse a cabo en condiciones en que no haya luz dentro de la sala, porque la luz que no fuera proporcionada por la lámpara dimerizada, podría ser más intensa que esta y esto llevaría a un seteo erróneo del dimmer.

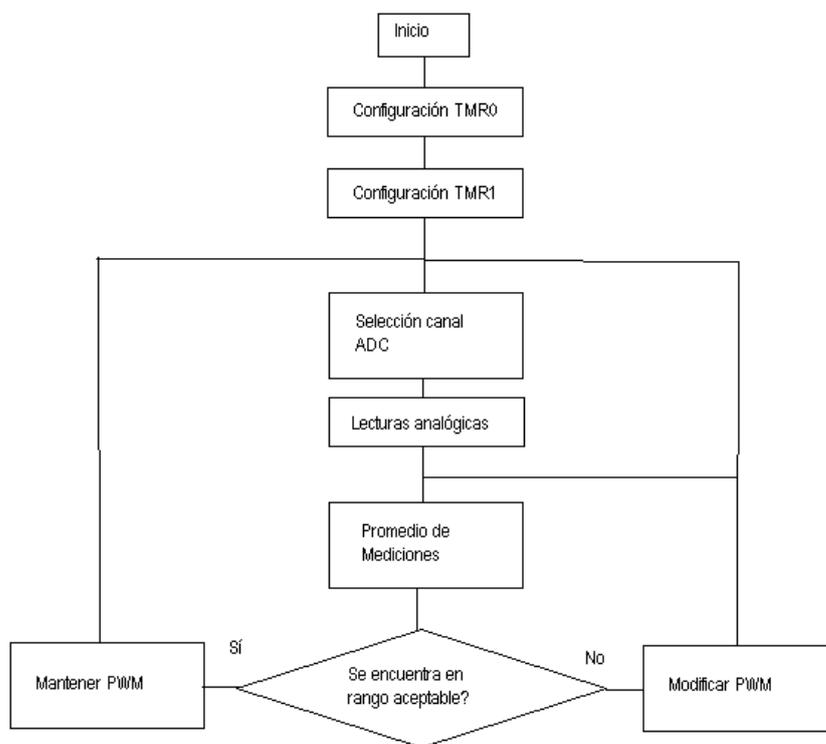


Figura 12 Diagrama de flujo del programa del dimmer.

6. MEDICIÓN DEL SISTEMA CON EL DIMMER

El sistema se encendió a las 14:30 el día 7 de setiembre. En la Figura 13 se observa la reacción del sistema, al encenderse este, los Luxes medidos van creciendo respecto al tiempo hasta llegar a un pico máximo. La luz que ingresaba por la ventana era mayor en intensidad que la de la propia lámpara dimerizada, por lo tanto no se estabilizaba en ningún punto, luego comienza a decrecer y pasa por debajo de una línea asintótica horizontal cercana a los 20 Luxes [7], hasta llegar por debajo de los 10 Luxes. Este es un comportamiento irregular que no se esperaba, es probable que se deba a la diferencia entre los sensores de intensidad lumínica, ya que el que utiliza el datalogger es mucho más sofisticado y sensible que el que usa el dimmer que es un simple LDR. A continuación los Luxes medidos comienzan a crecer rápidamente, hasta ubicarse por debajo de la asintota horizontal de los 20 Luxes, estabilizándose cerca de este valor. Luego decrece nuevamente, mostrando otro comportamiento irregular para luego crecer rápidamente y llegar

nuevamente a un pico máximo de Luxes medidos, este pico, como se dijo, es el debido a la luz que ingresa por la ventana, y así puede verse que se repite describiendo casi la misma forma de onda de la curva. Podría decirse que en los segmentos en donde la intensidad lumínica se estabiliza, muy cerca de la asíntota por encima de los 20 Luxes, es donde el dimmer está actuando correctamente. Ya que logra mantener estable una intensidad seteada por el potenciómetro del circuito, en un punto ubicado en el espacio circundante de la lámpara dimerizada.

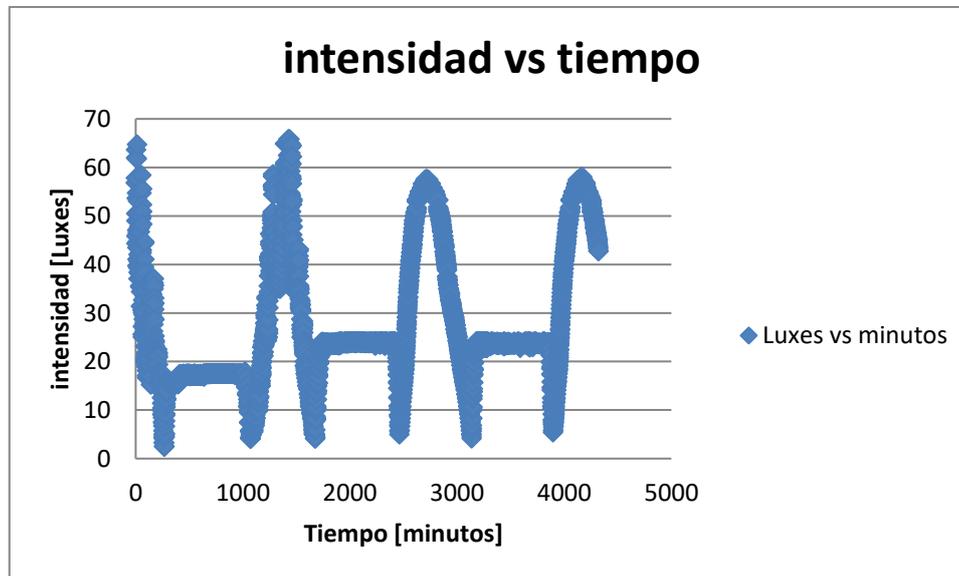


Figura 13 Respuesta del dimmer, Luxes medidos con datalogger.

7. CONCLUSIONES.

Como se observa en la gráfica de la Figura 13, el dimmer se comporta de manera aceptable en la mayoría del intervalo de la línea de tiempo. Pero así también se observan irregularidades, o mal comportamiento en pequeños segmentos de tiempo. Estos intervalos podemos suponer que suceden cuando amanece y anochece. Por ende, para mejorar el desempeño, quizás deba cederse en la prioridad de economía del dispositivo, para sensar la luz con otro componente de mejores prestaciones y respuesta más sensible, similares a la del luxómetro digital del datalogger. En cuanto a los picos de intensidad lumínica que se observan, estos se consideran normales, y no pueden controlarse, a menos que se adecue el ambiente interno, de alguna manera, para evitar el ingreso de luz exterior, o evitar otra fuente de luz, que no sea la dimerizada. Y así, quizás se solucionarían las irregularidades. Se deduce que, en este último planteamiento, el dimmer entraría en un proceso ininterrumpido de funcionamiento sin irregularidades, por efectos indeseados por los excesos de luz. Ya que cuando ocurren los excesos de luz (al iniciar y al finalizar estos), se produce la mala respuesta del dimmer. Por lo tanto, en un ambiente aislado de fuentes de luz no provenientes de la/s luminarias dimerizadas, no se darían tales picos observados en la gráfica, y ayudaría al funcionamiento adecuado del dimmer. La contraparte sería que se estaría evitando un ahorro de energía, ya que cuando ocurren estos picos lumínicos, el PWM del dimmer opera con el menor duty cycle posible. Por lo tanto la lámpara estaría consumiendo la menor energía de todo el ciclo de la línea de tiempo, y hasta podría estar totalmente apagada. Se piensa que la solución a seguir, ya sea, utilizando un mejor dispositivo de sensado de luz, o adecuando al ambiente para que realmente haya una intensidad lumínica constante, que sea capaz de ajustarse mediante el seteo del potenciómetro, dependen de las características y necesidades de iluminación. También, se puede mencionar, en cuanto al PWM, en ceder nuevamente a mayor coste a cambio de mejores prestaciones. Ya que debido a la baja resolución del PWM por software, se produjeron oscilaciones en la intensidad lumínica de la lámpara en ciertos puntos de la gráfica de la Figura 13. Estas oscilaciones, no fueron captadas por el datalogger, como se puede deducir al observar la gráfica de la Figura 13. Esto se debe a que se promedió la medición cada cierto intervalo de tiempo (como ya se explicó anteriormente), haciendo no visible este otro problema (el de oscilación) en el dimmer. Un PWM por hardware, ofrece mayor resolución y simplifica el código del programa cargado al PIC. Por lo tanto, un PWM por hardware, es una posible solución al problema de la oscilación de la intensidad lumínica de la lámpara. Por otro lado, las modificaciones realizadas a la lámpara, fueron menores, y aún, con los cambios propuestos sobre las características del PIC, lo cual tendría que seleccionarse otro modelo, se mantiene el bajo coste del dispositivo dimmer. Para hacer la lámpara LED dimerizable, sólo basta con agregar un MOSFET y realizar un corte en una de las pistas del circuito impreso. El diseño del dispositivo dimmer, es la cuestión que más obstáculos presenta

quizás, pero ya se habló de las posibles soluciones. Se concluye que en el presente trabajo, se respetaron las prioridades de ahorro energético adicional de una lámpara LED, por medio de su dimerización, se respetó la economía de los costos en cuanto a los elementos con los cuales se diseñó el sistema completo y por último, también, la sencillez de los circuitos y modificaciones planteadas.

8. REFERENCIAS.

- [1] <https://www.lamparadirecta.es/blog/bombillas-led-regulables>
- [2] <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/266/articulos/luz-led-iluminacion-para-campo.html>
- [3] <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/300312>
- [4] <http://en.reactor-micro.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=55&id=24>
- [5] Bariáin, Cándido; Corres; Jesús M.; Ruiz, Carlos. (2017). *Programación de microcontroladores PIC en lenguaje C*. México. Primera edición. Alfaomega Grupo Editor. México.
- [6] García Breijo, Eduardo. (2009). *Compilador C CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC*. Barcelona (España). Segunda Ed. Marcombo. Barcelona (España).
- [7] Gago, Alfonso; Fraile, Jorge. (2012). *Iluminación con tecnología led*. España. Primera Edición. Editorial Paraninfo. España.

Las dimensiones que determinan el emprendimiento corporativo de los estudiantes universitarios de la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora, México.

Vega-Robles, Ramón Arturo¹; Cadena-Badilla, Jesús Martín²; Hernández León Rafael³; Heredia Bustamante, José Alfredo⁴; León Moreno, Francisco Javier⁵

^{1,2,3 y 5}División de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Sonora, avenida 16 de septiembre no.53, H. Caborca Sonora, México. arturo.vega@unison.mx

⁴División de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Sonora. alfredo.heredia@unison.mx

RESUMEN:

El propósito de este trabajo es identificar los factores que determinan el emprendimiento corporativo de los estudiantes del Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora, México. Para tal fin, se diseñó una encuesta para conocer la percepción de los estudiantes para determinar el nivel de emprendimiento que hay en estos. Este instrumento consta de veinte y seis variables que constituyen al constructo emprendimiento corporativo y fue aplicado a los estudiantes de esta unidad, buscando determinar las dimensiones que constituyen al constructo emprendimiento corporativo en los estudiantes bajo estudio. Así, se establecieron las variables y criterios que permitieron medir el nivel de emprendimiento, a partir del cual se diseñó la encuesta, que fue aplicada a 413 estudiantes, de los 18,000 de que consta la población, lo cual permitió determinar la estructura de las variables usando el método estadístico multivariante de Análisis de Factores. Los resultados indican que la escala obtenida es fiable y válida para determinar el nivel de emprendimiento de los estudiantes y el constructo está integrado por cuatro dimensiones, a las cuales se les denominó: Aspectos elementales del emprendimiento corporativo, Crear y dirigir equipos en un entorno innovador afrontando riesgos, Liderando a otros y Vender ideas afrontando retos.

Palabras Claves: Emprendimiento, emprendimiento corporativo, dimensiones.

ABSTRACT:

The purpose of this work is to identify the factors that determine the corporate entrepreneurship of the students of the Regional Center Unit of the University of Sonora, Mexico. To this end, a survey was designed to know the students' perception to determine the level of entrepreneurship there is. This instrument consists of twenty-six variables that constitute the corporate entrepreneurship construct and was applied to the students of this unit, seeking to determine the dimensions that constitute the corporate entrepreneurship construct in the students under study. Thus, the variables and criteria that allowed measuring the level of entrepreneurship were established, from which the survey was designed, which was applied to 413 students, of the 18,000 of which the population consists, which allowed to determine the structure of the variables using the multivariate statistical method of Factor Analysis. The results indicate that the scale obtained is reliable and valid to determine the level of entrepreneurship of the students and the construct is made up of four dimensions, which were called: Elementary aspects of corporate entrepreneurship, Create and manage teams in an innovative environment facing risks, leading others and selling ideas and facing challenges.

Keywords: Entrepreneurship, corporate entrepreneurship, dimensions.

1. INTRODUCCIÓN

El emprendimiento ha sido estudiado desde diferentes puntos de vista, el económico, psicológico, sociológico y antropológico. En un inicio, la economía se encargó de estudiarlo buscando la relación de este con el desarrollo desde un punto de vista puramente económico. Después, la psicología, la sociología y la antropología estudiaron este fenómeno desde el punto de vista social. En este caso es de interés el emprendimiento desde el punto de vista de los estudiantes de educación superior, ya que es de primordial importancia saber cómo se perciben así mismos en cuanto al emprendimiento corporativo, es decir emprender cuando se está involucrado laborando en una organización. Este artículo busca generar entendimiento sobre lo que representa el emprendimiento corporativo, determinar las dimensiones del constructo, entender si estas coinciden en el contexto de la educación superior en la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora. Según [1], “las oportunidades de emprendimiento son aquellas situaciones en las que nuevos bienes, servicios, materias primas y métodos de organización, pueden ser vendidos e introducidos a un precio mayor que sus costos de producción”. El emprendedor es entonces quien descubre, evalúa y explota oportunidades rentables, tomando en cuenta el riesgo, y las necesidades que existen para innovar en las diferentes áreas. ¿Entonces que es emprendimiento corporativo? Según [2], el emprendimiento corporativo, al que se le da el nombre de intra-emprendimiento o toma de riesgo corporativos, es el proceso por el cual los individuos dentro de las organizaciones se dedican a aprovechar oportunidades donde se utilizan recursos ajenos a los que controlan en ese momento; esto involucra hacer cosas nuevas y salir de lo rutinario para aprovechar las oportunidades mediante las innovaciones.

1.1 Emprender dentro la organización

El termino Intraemprendedor (intra-preneur) fue acuñado por [3, para describir la conducta de los empleados que se comportaban como emprendedores dentro de las organizaciones, es decir, aquella persona que es capaz de reconocer una oportunidad y conseguir los recursos necesarios para poder poner en marcha su propio proyecto empresarial.

La diferencia entre emprendedor e intraemprendedor estriba en la asunción del riesgo y la autonomía. El emprendedor arriesga su dinero, su patrimonio en la creación de una nueva empresa y por el contrario, el intraemprendedor no tiene que arriesgar su propio capital, porque cuenta con los recursos de la organización a la que pertenece. El emprendedor tiene libertad para actuar con independencia, mientras que el intraemprendedor tiene que sujetarse a las normas y procedimientos de la empresa para la que trabaja [4]

1.2 Auto eficacia del liderazgo emprendedor

La autoeficacia ha sido una de las variables psicológicas principales en el estudio de la conducta emprendedora tanto por su poder predictivo sobre la intención de crear una nueva empresa [5,6,7], como por su capacidad de diferenciar entre emprendedores y no emprendedores [8,9]. construyeron la escala ESE (Entrepreneurial Self Efficacy), validada en España por [7]. Posteriormente se vio la necesidad de construir una escala para dentro del contexto organizacional, por lo que [10] desarrollaron la escala CESE para medir la autoeficacia hacia las tareas y habilidades requeridas para liderar nuevos proyectos y fomentar la conducta emprendedora dentro de las organizaciones, para lo cual el instrumento se dividió en ocho factores que se describen a continuación:

1. Desarrollar productos y oportunidades de mercado. La capacidad de crear nuevos productos o servicios que satisfagan necesidades no cubiertas de los clientes [8,9].
2. Construir un entorno innovador. La capacidad de los directivos y mandos intermedios para estimular la creatividad, iniciativa y responsabilidad de las personas que trabajan con ellos.
3. Definir los objetivos principales. Los directivos y mandos intermedios deben crear una visión del nuevo proyecto que una a los miembros de la organización alrededor de un objetivo común y les inspire para conseguirlo [11].
4. Afrontar retos inesperados. Es la capacidad de trabajar bajo incertidumbre. Desarrollar y dirigir nuevos proyectos innovadores, dejando atrás el confort que supone trabajar siguiendo los procedimientos y tareas estandarizadas, requieren que los directivos y mandos intermedios sean capaces de tolerar la ambigüedad y adaptarse a los cambios.
5. Construir y dirigir el equipo. Es establecer un equipo dentro de la organización que podría incluir miembros que fueran escépticos a la idea del proyecto. Además, resulta fundamental que los directivos y mandos intermedios se muestren colaboradores y sean capaces de mantener a los miembros del equipo centrados en el proyecto a pesar de que puedan tener otras responsabilidades en la organización.
6. Desarrollar una conducta estratégica autónoma. Este factor se centra en la conciencia y habilidades políticas de los directivos y mandos intermedios para construir coaliciones y obtener los recursos necesarios para desarrollar nuevos proyectos innovadores dentro de la organización [4].

7. Liderar a otros. Es descubrir las habilidades clásicas de liderazgo relevantes para facilitar el trabajo en equipo, motivar a otros, cultivar relaciones y reconocer los éxitos logrados.
8. Lanzar productos o servicios. Se centra en las diferentes habilidades que son requeridas para comercializar nuevos productos o servicios, como, por ejemplo, establecer los canales de distribución o calcular los potenciales ingresos.

La investigación empírica ha mostrado cómo las personas que se sienten capaces de desempeñar determinadas tareas, las desempeñan mejor, persisten en ello, incluso en la adversidad, y son capaces de afrontar mejor las situaciones de cambio [12]. También las metas y aspiraciones determinan la acción, pero dependen del nivel de autoeficacia, ya que las personas no aspiran a metas que consideran del todo inalcanzables [13]. En este sentido, los directivos y mandos intermedios con un alto nivel de autoeficacia para el liderazgo emprendedor estarán dispuestos a asumir riesgos y embarcarse en nuevos proyectos dentro de la organización, así como apoyar y favorecer las ideas innovadoras de los miembros de su equipo. De la misma forma, resulta probable que estas creencias de autoeficacia puedan influir en su intención emprendedora, ya que las habilidades del liderazgo emprendedor son también necesarias en la creación y gestión de una nueva empresa.

La educación para desarrollar la competencia del emprendimiento tiene una importante presencia en el conjunto de los sistemas educativos de los países europeos, dado que desde diferentes organismos internacionales como la OCDE [14], se han elaborado recomendaciones, para fomentar el aprendizaje de competencias vinculadas con la creación, la innovación, la iniciativa personal y la capacidad de los sujetos para controlar su vida de una forma responsable y autónoma, contribuyendo en beneficio de la sociedad.

En nuestro país muchas universidades han creado diferentes sistemas para promover el emprendimiento, aunque si bien es cierto no como parte del plan de estudios, sino como estrategias complementarias, entre esta universidad tenemos: al Instituto Tecnológico de estudios superiores de Monterrey, con su programa denominado “cultura emprendedora”, el cual opera con incubadoras y aceleradoras. Se tiene también al Instituto Politécnico Nacional que cuenta un centro de incubación de empresas de base tecnológica. La Universidad Nacional Autónoma de México, que cuenta con programas de emprendimiento en sus facultades y además con incubadoras de empresas. Por último, se tiene al Instituto Tecnológico Autónomo de México, quien creo un centro de creatividad, innovación y emprendimiento para hacer que sus alumnos se interesen en la creación de empresas.

El objetivo de este trabajo es determinar las dimensiones o factores que integran el constructo de emprendimiento corporativo y su validación para los estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad Centro.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación es de naturaleza descriptiva y de carácter mixto (cualitativo-cuantitativo), se inicia, no obstante, con una revisión de literatura, para sustentar los factores que determinan el emprendimiento corporativo de Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora.

Posteriormente, se obtuvo la información directamente de los estudiantes, mediante la aplicación de una encuesta, previamente diseñada con base en el instrumento aplicado. En este estudio se utilizó la escala CESE validada en España [7], que consta de siete dimensiones las cuales son: Crear y dirigir equipos, Crear un entorno innovador, afrontar retos inesperados, Desarrollar conducta estratégica autónoma, definir los objetivos principales, desarrollar y lanzar nuevos productos y liderar a otros.

La población objeto de estudio estuvo conformada por todos los estudiantes de licenciatura de la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora. Dicha población es finita, según cifras aportadas por la vicerrectoría, son alrededor de 18000, por lo que se seleccionó una muestra de 413.

En esta investigación se aplicó la técnica estadística multivariante de Análisis de Factores (técnica estadística de análisis multivariado para determinar la estructura de interrelaciones entre un gran número de variables para determinar un conjunto de dimensiones subyacentes comunes llamados factores), para identificar las dimensiones que caracterizan al emprendimiento corporativo en el caso en estudio. Se aplicará el procedimiento propuesto por [15], que consiste en las siguientes etapas: *a. Formulación del problema* (realizar una selección de las variables a analizar, así como la de los elementos de la población en la que dichas variables van a ser observadas); *b. Análisis de la matriz de correlación* (se procede a la obtención de la Matriz de correlación a partir de los datos de la muestra, para luego proceder a analizar dicha matriz y decidir si el modelo factorial es adecuado); *c. Extracción de los factores* (El método consiste en estimar las puntuaciones factoriales mediante las puntuaciones tipificadas de las *k* primeras componentes principales y la matriz de cargas factoriales mediante las correlaciones de las variables originales con dichas componentes); *d. Rotación de factores* (Para facilitar la interpretación de la solución obtenida de dicho análisis, se

utilizó el método de Rotación VARIMAX que tiene como objetivo minimizar el número de variables que tienen cargas altas en un factor); e. *Interpretación de factores* (busca el significado de las variables para describir cada dimensión. Fueron estos los pasos que permitieron concretar el modelo final); f. *Validez y fiabilidad del modelo* (La validez indica el grado con que puede inferirse conclusiones a partir de los resultados obtenidos; es el grado en el que un instrumento en verdad mide la variable que se busca medir y La fiabilidad de la escala usada se determinó usando el coeficiente Alfa de Cronbach el cual indica la consistencia interna de las respuestas).

Para facilitar el análisis de los datos se usaron el software SPSS® versión 23 y la hoja de cálculo Excel de Office®.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizada la revisión de literatura para sustentar la investigación, se aplicó el instrumento CESE (Corporate Entrepreneurial Self -Efficacy), en el cual se contempla solo la medición de las autopercepciones sobre emprendimiento de los estudiantes de nivel superior de la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora. En el cuestionario diseñado se incluyeron 26 ítems destinados a medir el nivel de emprendimiento corporativo. Los encuestados se encargaron de contestar los diferentes ítems por medio de una escala de Likert de 5 categorías, siendo 1 el menor valor posible y 5 el mayor valor. Se agregaron preguntas adicionales al modelo, para determinar si son también representativas en el nivel de emprendimiento corporativo de esta Unidad regional de la Universidad de Sonora. Se seleccionó una muestra de 413 estudiantes de los que compone la población.

3.1 Análisis de factores

El Análisis de Factores tiene como objetivo reducir o condensar la información contenida en una serie de variables originales en un número más pequeño de dimensiones (o factores) nuevos con la mínima pérdida de información posible. Es una técnica estadística de análisis multivariado para determinar la estructura de interrelaciones entre un gran número de variables para determinar un conjunto de dimensiones subyacentes comunes llamados factores. La condición básica para la aplicabilidad del Análisis de Factores se centra en asegurarse de que existen el número suficiente de correlaciones entre las variables.

Según [15], el análisis factorial para esta investigación se realiza mediante las siguientes etapas:

a. *Formulación del problema*

En la primera etapa, se debe de realizar una selección de las variables a analizar, así como la de los elementos de la población en la que dichas variables van a ser observadas. Es fundamental que las variables recojan aspectos especiales de la temática que se desea investigar y su selección debe estar marcada por la teoría subyacente del problema. En esta investigación se escogieron para evaluar el nivel de emprendimiento corporativo de los estudiantes de educación superior de la Unidad Regional Centro, donde existen de acuerdo a la literatura los siguientes factores preliminares: Crear y dirigir equipos (CDE), Crear un entorno innovador (CEI), Afrontar retos inesperados (ARI), Desarrollar conducta estratégica autónoma (DCEA), Definir los objetivos principales (DOP), Desarrollar y lanzar nuevos productos (DMPO-LPS) y Liderar a otros (LO). Los cuales son supuestos de las variables latentes en las cuales se podrían agrupar las variables del instrumento aplicado.

b. *Análisis de la matriz de correlación*

En esta etapa se procede a la obtención de la Matriz de correlación a partir de los datos de la muestra, para luego proceder a analizar dicha matriz y decidir si el modelo factorial es adecuado. Para que el uso de la técnica sea pertinente es conveniente que dicha matriz contenga grupos de variables que correlacionen fuertemente entre sí [16]. El determinante de la matriz de correlaciones es un indicador del grado de las Inter correlaciones [17], si el determinante es muy bajo, las correlaciones son muy altas; el valor del determinante, presentado es pequeño para el caso estudiado (Det=4.86E-6), lo cual es evidencia de lo adecuado del análisis, ya que cuando las variables de una matriz están linealmente relacionadas, el valor del determinante se aproxima a cero, lo que significa que el Análisis de Factores es una técnica pertinente para analizar esas variables.

Adicionalmente, se calcula una medida que indica la idoneidad de la aplicación del Análisis de Factores: la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que es un índice que compara las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con las magnitudes de los coeficientes de correlación parciales. De Vicente y Oliva y Manera (2008) consideran muy buenos los valores de KMO que se encuentren entre 0,8 y 0,9; y consideran aceptables los mayores a 0,5. El resultado para la medida KMO (0,954) es considerado muy bueno y verifica el uso de la técnica para explicar los datos entonces puede aplicarse el método de extracción de componentes principales para encontrar los factores.

c. *Extracción de los factores*

Para esta investigación se utilizó el método de las componentes principales, como método de extracción. El cual consiste en obtener factores Inter correlacionados que fueran combinación lineal de las variables originales, de manera que al seleccionar un número reducido de ellos explicaran la variabilidad total de estas variables. En la obtención del número de factores se usan normalmente como criterios que la varianza explicada esté alrededor de 60% y los autovalores iniciales mayores a uno [18]. La varianza total explicada de los cuatro factores o dimensiones obtenidos acumulan un 59,067 % con lo cual se cumple el criterio establecido.

d. Rotación de factores

Para facilitar la interpretación de la solución obtenida de dicho análisis, se utilizó el método de Rotación VARIMAX que tiene como objetivo minimizar el número de variables que tienen cargas altas en un factor. Si la contribución es alta, es indicativo de que gran parte de la varianza de cada variable está recogida en los factores seleccionados, y al emplear dichos factores en lugar de las variables, no se pierde mucha información. En la matriz de componentes rotados del modelo aplicado, la carga para el primer factor con un total de 7 variables, el segundo con 8, el tercero con 4 y el cuarto con 2.

Tabla 1: Matriz de componentes rotados inicial

Matriz de componente rotado^a

	Componente			
	1	2	3	4
VAR02	.744	.329		
VAR03	.665			
VAR04	.670			
VAR05	.663			
VAR06	.403	.563		
VAR07	.550	.464		
VAR08	.428	.565		
VAR09	.330	.510	.374	
VAR10		.682		
VAR11	.341	.501	.332	
VAR13				.800
VAR14		.443		.663
VAR18	.476	.548		
VAR19	.400	.572		
VAR22			.623	
VAR23			.624	.385
VAR24			.669	
VAR25	.361		.468	.403
VAR26	.613		.340	
VAR21			.673	
VAR01	.614		.334	
VAR12	.327	.365	.419	
VAR15		.477	.404	
VAR16		.483	.466	
VAR17		.555	.367	
VAR20	.462		.411	

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 8 iteraciones.

Como se puede observar en la Tabla 2 se tienen siete variables Var 07, Var 12, Var 15, Var 16, Var 18 y Var 25, que apuntan a dos factores al mismo tiempo con una diferencia de cargas menores a 0,10 por lo que se ha decidido eliminarlas y correr de nuevo el análisis factorial con las 19 variables que quedaron Tabla 2. Al analizar esta última tabla se puede observar que no hay ítems que apunten a dos factores al mismo tiempo, ni diferencias entre cargas menores a 0,10. Lo que indica que esta tabla es la que representa a los factores e ítems para el constructo de emprendimiento corporativo en la Unidad Regional Centro de la Universidad.

Tabla 2: Matriz de componentes rotados final

	Componente			
	1	2	3	4
VAR02	.795			
VAR03	.679			
VAR04	.684			
VAR05	.685			
VAR06	.395	.608		
VAR08	.447	.554		
VAR09	.355	.507	.384	
VAR10		.735		
VAR11	.332	.542	.338	
VAR13				.850
VAR14		.401		.702
VAR19	.407	.561		
VAR22	.387		.626	
VAR23			.642	
VAR24			.710	
VAR26	.633		.355	
VAR21			.700	
VAR01	.596		.335	
VAR17		.548	.415	

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

e. Interpretación de factores

Después de la identificación de los factores en conjunto se interpreta y busca el significado de las variables para describir cada dimensión. Fueron estos los pasos que permitieron concretar el modelo final, quedando agrupadas las variables en los factores correspondientes, como se puede ver en Tabla 3.

Tabla 3. Factores que determinan el nivel de emprendimiento corporativo

1 Aspectos elementales del emprendimiento corporativo	
Var01	Crear productos que satisfagan las necesidades no cubiertas de los consumidores
Var02	Crear un ambiente de trabajo donde los miembros de un equipo puedan expresar ideas creativas
Var03	Desarrollar una visión que inspire a los otros en el apoyo de un nuevo proyecto empresarial
Var04	Ser flexible ante los cambios internos y externos del entorno
Var05	Recibir feedback del proyecto de los clientes y hacer los cambios necesarios
Var26	Celebrar los éxitos de tu equipo con recompensas significativas, individuales y/o colectivas
2 Crear y dirigir equipos en un entorno innovador, afrontando retos.	
Var06	Crear un ambiente de trabajo que ofrezca oportunidades para tener mayor autonomía y autoridad
Var08	Dirigir con creatividad y resolver problemas
Var09	Establecer un enfoque de colaboración y de trabajo en equipo para llevar a cabo uno nuevo
Var10	Gestionar áreas críticas de riesgo con las personas que toman las decisiones clave
Var11	Calcular potenciales ingresos para un nuevo producto o servicio
Var19	Alentar al equipo para que establezca objetivos razonables
Var17	Validar las estimaciones financieras a través de la fuerza de ventas y las encuestas realizadas a clientes
3 Liderando a otros.	
Var22	Cultivar la relación con un cliente estratégico que se identifique con tu visión de negocio
Var23	Presionar a la gerencia para obtener recursos adicionales para conseguir que se realice un nuevo proyecto
Var21	Generar la percepción de éxito en las primeras etapas de un nuevo proyecto
Var24	Crear la percepción de éxito temprano conforme a un proyecto adquiere fuerza
4. Vender ideas retadoras	
Var13	Trabajar productivamente bajo continuo estrés, presión y conflicto
Var14	Vender la idea a múltiples niveles de la dirección

Fuente: Elaboración propia

f. Validez y fiabilidad del modelo

La validez indica el grado con que puede inferirse conclusiones a partir de los resultados obtenidos; es el grado en el que un instrumento en verdad mide la variable que se busca medir (Hernández, Fernández y Baptista, 2017), cuando mide aquello para lo cual está destinado, en este caso, el nivel de emprendimiento de los estudiantes de la Unidad Regional Centro de la Universidad de Sonora.

Para determinar la validez de la encuesta usada en la presente investigación se utilizan diferentes perspectivas [20,21], las cuales se pueden resumir en los siguientes enfoques: validez de contenido, validez de criterio y validez de concepto.

Una escala presenta validez de contenido si los ítems que la componen son relevantes y además son representativos del atributo definido. Para que se cumpla con este criterio es necesario que cada variable a medir del instrumento se encuentre respaldada con su respectiva definición conceptual o teoría citada previamente.

La *validez de contenido* está representada por las referencias de literatura especializada y antecedentes sobre el tema [3,4,22,23], donde se revisó de este material indicadores y datos presentes en estas investigaciones que sirvieron para su posterior adaptación en el instrumento propuesto y de esta manera evaluar el nivel de emprendimiento corporativo de los estudiantes de educación superior. Teniendo en cuenta las fases seguidas en el proceso de investigación, se considera que queda evidenciada la validez de contenido.

La *Validez de criterio* establece la validez de un instrumento de medición comparándola con algún criterio externo aplicado a la misma muestra en el mismo momento. La validez de criterio se puede clasificar en concurrente y predictiva.

Para determinar si el instrumento presenta *validez concurrente* los encuestados se clasifican en dos grupos, el primero formado por aquellos cuyas puntuaciones medias son inferiores al promedio general (baja percepción) y el otro con las puntuaciones medias que fueron superiores al promedio (alta percepción); luego se determina la existencia de diferencias significativas entre ambos grupos, usando una pregunta auxiliar que se incluyó en la encuesta que mide el emprendimiento en forma general. Para determinar si existe o no diferencia significativa entre los grupos se aplica la prueba U de Mann Whitney [24,25]; la cual es una prueba no paramétrica que analiza el grado de separación de las muestras, mientras más pequeña sea esta separación más razonable se considerara la explicación subyacente. Esta prueba no exige la normalidad de los datos y es una buena alternativa a la prueba T student para probar las diferencias de medias. El nivel de significancia de la prueba fue menor a 0,01 y obtuvo un valor Z de -8,884, con lo cual queda evidenciada la validez concurrente.

Para determinar la *validez predictiva*, se realizó un análisis de regresión múltiple entre variables [24,25], entre la variable que mide el nivel de emprendimiento corporativo (variable dependiente) y el promedio de las puntuaciones por factores del modelo (variables independientes). Los resultados obtenidos reflejan un coeficiente de determinación (R^2) de 0,745, demostrando que existe alta relación entre la variable nivel de emprendimiento corporativo general con el grupo de variables pertenecientes al modelo propuesto. También se obtuvo un nivel de significación menor a 0,001 del estadístico F, lo que corrobora la relación entre de las variables.

La *Validez de concepto* se refiere al grado en el que una medición se relaciona de manera consistente con otras mediciones, de acuerdo con hipótesis derivadas teóricamente y que conciernen a los conceptos (o constructos) que se están midiendo. En esta investigación se considera a la validez convergente. Existe validez convergente cuando un mismo fenómeno es medido de diversas formas y arroja resultados similares. Para probarla se utilizó la prueba de correlación de Spearman [24,25] el ítem de emprendimiento corporativo y al ítem emprendimiento en general. Los coeficientes de correlación obtenidos son 0,856 y 0,818 para el modelo propuesto. El p-valor para el modelo fue menor a 0,001 lo que refleja una relación significativa entre las variables, lo cual prueba la validez convergente.

Fiabilidad del modelo

La fiabilidad de la escala usada se determinó usando el coeficiente Alfa de Cronbach. El resultado alcanzado para este análisis fue 0,967 al caso bajo estudio, lo cual indica muy buena consistencia interna de las respuestas. Los valores del coeficiente Alfa de Cronbach se expresan en la escala de 0 a 1, donde valores cercanos a los extremos expresan baja o alta consistencia interna [26,19,27]. La escala usada mide la característica del nivel de emprendimiento corporativo, lo que se interpreta como garantía de una alta fiabilidad del instrumento, tomando en cuenta investigaciones previas que consideran valores mayores a 0,80 como buenos. Se determinó también la fiabilidad con el Alfa de Cronbach, resultando una Alfa de 0,939 en forma global y por dimensiones como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Fiabilidad por dimensión del constructo

Factor	Alfa de Cronbach
1 Aspectos elementales del emprendimiento corporativo	0,856
2 Crear y dirigir equipos en un entorno innovador, afrontando retos	0,848
2 Liderando a otros.	0,759
4 Vender ideas retadoras	0, 548

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar tanto en forma global como por dimensión se obtuvieron resultados de Alfa de Cronbach por arriba de los niveles aceptable

4. CONCLUSIONES

La mayoría de los trabajos de investigación disponibles y consultados toman como referencia CESE (Corporate Entrepreneurial Self Efficacy), lo que lo hace el más adecuado para iniciar un programa de medición del emprendimiento corporativo. El análisis del instrumento aplicado determinó el nivel de emprendimiento y los factores que integran el constructo emprendimiento corporativo.

Basándose en el Análisis de factores, el emprendimiento corporativo de los estudiantes de educación superior se puede dimensionar en cuatro factores, entre los cuales están claramente definidos **Aspectos elementales del emprendimiento corporativo** (VAR01: Crear productos que satisfagan las necesidades no cubiertas de los consumidores; VAR02: Crear un ambiente de trabajo

donde los miembros de un equipo puedan expresar ideas creativas); VAR03: Desarrollar una visión que inspire a los otros en el apoyo de un nuevo proyecto empresarial; VAR04: Ser flexible ante los cambios internos y externos del entorno; VAR05: Recibir feedback del proyecto de los clientes y hacer los cambios necesarios; VAR26: Celebrar los éxitos de tu equipo con recompensas significativas, individuales y/o colectivas), **Crear y dirigir equipos en un entorno innovador afrontando retos** (VAR06: Crear un ambiente de trabajo que ofrezca oportunidades para tener mayor autonomía y autoridad; VAR08: Dirigir con creatividad y resolver problemas; VAR09: Dirigir con creatividad y resolver problemas; VAR09: Establecer un enfoque de colaboración y de trabajo en equipo para llevar a cabo uno nuevo; VAR10: Gestionar áreas críticas de riesgo con las personas que toman las decisiones clave; VAR11: Calcular potenciales ingresos para un nuevo producto o servicio; VAR19: Alentar al equipo para que establezca objetivos razonables; VAR17: Validar las estimaciones financieras a través de la fuerza de ventas y las encuestas realizadas a clientes), **Liderando a otros** (VAR22: Cultivar la relación con un cliente estratégico que se identifique con tu visión de negocio; VAR23: Presionar a la gerencia para obtener recursos adicionales para conseguir que se realice un nuevo proyecto; VAR21: Generar la percepción de éxito en las primeras etapas de un nuevo proyecto; VAR24: Crear la percepción de éxito temprano conforme a un proyecto adquiere fuerza) y **Vender ideas retadoras** (VAR13: Trabajar productivamente bajo continuo estrés, presión y conflicto; VAR14: Vender la idea a múltiples niveles de la dirección).

Con alto nivel de significación, el instrumento presenta validez de contenido, de criterio y de concepto. Así como también se puede observar que los niveles de fiabilidad tanto del constructo del emprendimiento como de las dimensiones es bueno, por lo cual se puede usar para medir el nivel de emprendimiento corporativo de los estudiantes de esta institución de educación superior y previo ajuste, podría ser usado en otros establecimientos similares.

REFERENCIAS

- [1] Shane, s. & Venkataraman, s. (2000). the promise of entrepreneurship as a field of research. *Academy of Management Review*, 25, 217-226.
- [2] Hisrich, R. D., & Kearney, C. (2013). *Ikea*. SAGE Publications, Inc.
- [3] Pinchot, G (1985). *Intrapreneuring: Why You Don't have to Leave the Corporation to Become an Entrepreneur*, New York: Harper and Row
- [4] Hisrich, R. D. (1990). Entrepreneurship/intrapreneurship. *American Psychologist*, 45(2), 209–222. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.45.2.209>
- [5] Boyd, N.G. and Vozikis, G.S. (1994) The Influence of Self-Efficacy on the Development of Entrepreneurial Intentions and Actions. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 18, 63. <https://doi.org/10.1177/104225879401800404>
- [6] Liñán, F., & Chen, Y.-W. (2009). Development and cross-cultural application of a specific instrument to measure entrepreneurial intentions. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 33(3), 593-617. doi: 10.1111/j.1540-6520.2009.00318.x
- [7] Moriano, J.A., Gorgievski, M., Laguna, M., Stephan, U. y Zarafshani, K. (2012). A cross-cultural approach to understanding entrepreneurial intention. *Journal of Career Development*, 39(2), 162-185. doi: 10.1177/0894845310384481
- [8] Chen, C. C., P. G. Greene and A. Crick (1998). Does entrepreneurial self-efficacy distinguish entrepreneurs from managers? *Journal of Business Venturing* (13): 295-316.
- [9] Markman G. D., Balkin David B. y Baron Robert A (2002), *Inventors and New Venture Formation: the Effects of General Self-Efficacy and Regretful Thinking*, *Entrepreneurship Theory and Practice*, 3(1), 149-165
- [10] Ehrlich, S., De Noble, A. y Singh, J. (2005). *Corporate Entrepreneurial Self-Efficacy: Toward the Development of a Domain-Specific Measure*. Paper presented at the *Frontiers of Entrepreneurship Research*, Babson.
- [11] Baum, J. R., Locke, E. A., & Kirkpatrick, S. A. (1998). A longitudinal study of the relation of vision and vision communication to venture growth in entrepreneurial firms. *Journal of Applied Psychology*, 83(1), 43–54. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.83.1.43>
- [12] Salanova, M. Grau, R, Martínez, I. y Llorens, S. (2004, enero) *Facilitadores, Obstáculos, rendimiento académico relacionados con la satisfacción con los asuntos del estudio*. Periódico. El País Universal.
- [13] Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, Freeman
- [14] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico(OCDE) (2003), *Informe Pisa 2003*, Pisa, Santillana Educación.
- [15] Salvador, M., y Gargallo, P. (2006). *Análisis Factorial* [en línea]. 5campus.com, Estadística. Recuperado el de: <http://www.5campus.com/leccion/factorial>.

- [16] Pardo, A. y Ruiz, M. (2005). Análisis de datos con SPSS. Madrid: McGrawHill/Interamericana de España.
- [17] Martín Q. Cabero M. y Paz Y. (2007). *Tratamiento estadístico de datos con SPSS*. Thomson-Paraminfo.
- [18] De Vicente, M., & Manera, J. (2008). El análisis factorial y por componentes factoriales. En J.-P. Lévy, & J. Varela, *Análisis multivariable para las ciencias sociales* (págs. 327-360). Madrid: Pearson.
- [19] Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2017). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Education. Sexta edición
- [20] Oliden P. (2003). Sobre la validez de los Tests. *Psicothema* 2003. 15(2), pp. 315-321
- [21] American Psychological Association. (2000). The American Psychological Association Annual Report 1999. *American Psychologist*, 55(8), 785–816. <https://doi.org/10.1037/h0092931>
- [22] LIZOTE, SUZETE ANTONIETA, & LANA, JEFERSON, & VERDINELLI, MIGUEL ANGEL (2014). INTRAPRENEURIAL BEHAVIOR: A STUDY OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS. *Revista Alcance*, 21(3), 518-537. [fecha de Consulta 30 de Septiembre de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477747164007>
- [23] Cillo, Valentina, & Caggiano, Valeria, & D'Emilia, Costanza (2015). WELLBEING AND INTRAPRENEURIAL UNIVERSITY. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 129-135. [fecha de Consulta 30 de Septiembre de 2021]. ISSN: 0214-9877. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349851784012>
- [24] Montgomery, D. & Runger, G. (2002). *Probabilidades y Estadística aplicadas a la ingeniería*, 2da edición. México: Limusa.
- [25] Wackerly D., Mendenhall W, y Sheaffer R. (2008). *Estadística matemática con aplicaciones*, Séptima edición. México. CENGAGE Learning.
- [26] Prat, R., & Doval, E. (2003). Construcción y análisis de escalas. In *Análisis multivariable para las ciencias sociales* (1 ed., pp. 43-89).
- [27] Abascal E. y Grande I. (2005). *Análisis de Encuestas*. España. ESIC Editorial.

Diseño de nuevos productos centrado en la sustentabilidad: caso de estudio del sistema de recolección de heces caninas

Miranda Paredes, Daniel; Cortes Robles, Guillermo

Instituto Tecnológico de Orizaba
dmirandap@orizaba.tecnm.mx; gcortesr@orizaba.tecnm.mx

RESUMEN

Al hablar de sustentabilidad nos referimos a la capacidad de poder desarrollar un ambiente en el que el ser humano pueda satisfacer sus necesidades, pero sin comprometer los recursos que le rodean, es decir, estas necesidades no deben generar pérdidas en el ecosistema que habitan. Para mejorar la utilización de los recursos que el ser humano utiliza, es necesario generar ideas y herramientas que colaboren con ello, de ahí es donde surge la idea de desarrollar un dispositivo (contenedor) que mejore la gestión de residuos orgánicos caninos. En el transcurso del presente documento se desglosa el proceso de diseño del contenedor, en donde se tomaron en cuenta las necesidades de la sociedad para poder tener un diseño que abarcara el mayor número de demandas y con ello tener un producto eficiente. Además, se podrán contemplar algunas de las herramientas utilizadas para el diseño y cómo es que se aplicaron, con la finalidad de crear un beneficio tanto a la sociedad, pero también crear una oportunidad de negocio. Es necesario señalar que en este caso de estudio se contempla el diseño de la infraestructura del contenedor y una cartera de servicios, lo que pone sobre relieve la complejidad del problema de proponer sistemas que se orienten hacia la sustentabilidad.

Palabras Claves: Sustentabilidad, Desechos caninos, Necesidades, Diseño, Sociedad.

ABSTRACT

When we speak of sustainability, we refer to the ability to develop an environment in which human beings can satisfy their needs, but without compromising the resources that surround them, that is, these needs should not generate losses in the ecosystem they inhabit. To improve the use of the resources that humans use, it is necessary to generate ideas and tools that collaborate with it, hence the idea of developing a device (container) that improves canine organic waste management. In the course of this document, the container design process is broken down, where the needs of society were taken into account in order to have a design that would cover the greatest number of demands and thus have an efficient product. In addition, you can see some of the tools used for design and how they were applied, in order to create a benefit both to society, but also to create a business opportunity. It is necessary to point out that in this case study the design of the container infrastructure and a portfolio of services are considered, which highlights the complexity of the problem of proposing systems that are oriented towards sustainability.

Keywords: Sustainability, Dog waste, Needs, Design, Society.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de un contexto mundial, la población de caninos presenta algunos problemas desafiantes tales como la zoonosis (se dice de cualquier enfermedad propia de los animales que incidentalmente puede comunicarse a las personas), los problemas de comportamiento, el saneamiento de las calles y un aparente exceso de oferta, al menos en ciertos perros. Estos problemas pueden minimizarse a través de la educación y otros esfuerzos de las comunidades locales [1].

Tan sólo en México se estima que hay entre 18 y 23 millones de perros, según la Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies (AMMVEPE) y que 70% de esos perros son callejeros. Debido a las características reproductivas de estos animales los números crecen con velocidad. Sólo para darnos una idea: en seis años, partiendo de una única camada se pueden producir sesenta y siete mil cachorros. Es evidente que hay un problema de sobrepoblación canina [2].

A medida que el tiempo pasa, la sociedad se va encontrando con nuevas necesidades, las cuales son surgidas debido al cambio constante que se presenta actualmente en el mundo. Por esta razón, el diseño de nuevos productos y/o servicios se vuelve imprescindible para la sociedad en general. Previamente a la implementación de un producto o servicio, existe una fase de diseño que busca cubrir las expectativas actuales y futuras de que un usuario busca. Del éxito de este proceso depende en gran manera la aceptación del mercado y la satisfacción del cliente o usuario. Así mismo, el proceso de diseño tiene un impacto significativo en el precio, la calidad, la facilidad para disponer de un producto al término de su vida útil, entre otros factores relevantes, los cuales en su mayoría son el resultado de las decisiones tomadas durante el diseño.

De acuerdo a estimaciones sobre el aumento de la población, la urbanización y el consumo en el mundo, se prevé que el volumen de residuos generado en las ciudades de África y Asia se duplicara para el año 2030. Aún más grave es el hecho de que reutilizar los desechos, les cuesta a los países entre 5 y 10 veces más al tratar de invertir en una buena gestión de residuos [3]. En los países de ingreso bajo se recoge alrededor del 48 % de los desechos en las ciudades, pero sólo el 26 %, en las zonas rurales, y se recicla tan sólo el 4 % a nivel nacional. En general, el 13,5 % de los desechos a nivel mundial se recicla y el 5,5 % se composta. Un tercio de todos los residuos urbanos generados en América Latina y el Caribe terminan en basurales a cielo abierto o en el medio ambiente, una práctica que afecta la salud de sus habitantes y está contaminando los suelos, el agua y el aire. La poca capacidad de reciclaje es otro de los retos que afronta la región [4]. Con respecto al tratamiento o recolección de las heces caninas, residuo que forma parte de la recolección diaria en las ciudades, se informa que de acuerdo con el Centro para el Control de Enfermedades de Estados Unidos (CDC), el 12% de los niños estadounidenses se han infectado del parásito gastrointestinal *Toxocara* por contacto con excretas de perro [5].

A pesar de las campañas que los organismos oficiales realizan y el coste que ello supone para diversos ayuntamientos: colocar papeleras con dispensadores de bolsitas, promover diferentes campañas de concienciación, crear parques para perros, etc. aún quedan personas que no recogen los excrementos de sus perros y estos “descuidos” van en perjuicio de todos, en especial de los propietarios responsables y amantes de los animales, como consecuencia de la falta de civismo y respeto al resto de unos pocos [6]. Sin embargo, recoger las heces del can reduce al mínimo las posibilidades de exposición a los huevos y larvas de gusanos, lombrices y otros parásitos que causan estragos en el sistema intestinal humano. Algunos parásitos que se encuentran en las heces caninas pueden causar lesiones oculares graves en los niños pequeños [7]. Esta problemática está presente a nuestro alrededor, solo hace falta visualizar de manera adecuada las posibles soluciones y plasmarlas de manera correcta, haciendo uso de diferentes herramientas que contribuyan a que dichas soluciones puedan llevarse a cabo y no quedar solo en ideas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS.

Previo a la iniciación de la metodología de se realizó una encuesta referente a la incorporación de un contenedor especial para mejorar la gestión de desechos orgánicos caninos, para estimar el potencial de aceptación en la sociedad. El propósito de esta encuesta es evaluar los resultados para reducir la incertidumbre sobre el diseño del contenedor. La encuesta se realizó contemplando una demanda potencial de 5,000 personas en la ciudad de Orizaba, la cual cuenta con una población de 120,000 personas aproximadamente. La población de caninos se estima en aproximadamente de 8,200 perros, no considerando a los que estas en situación de abandono. Se tomó en cuenta que existen personas que tienen más de un perro, así se consideró una demanda potencial de 5,000 usuarios.

Con base en los resultados obtenidos se observó que al 55% de las personas les gustaría recibir una recompensa por depositar los desechos de su perro en un contenedor. De igual manera, un 70% considera que las personas evitarían dejar los desechos en la vía pública si existiesen este tipo de contenedores. Un 55% cree conveniente que la mejor recompensa sería croquetas para su perro y un 75% que el concepto que se está empleando es original. Además, un 60% está consciente de que se pueden reutilizar estos desechos y sacar un beneficio de ellos. Un 70% cree que se le puede sacar provecho al desarrollar el producto mencionado y la mayoría piensa que el color negro sería el mejor para el contenedor. Una de las ideas destacables a incorporar en el contenedor surgió a raíz es una respuesta que menciona que sería bueno incluir un medidor que pese las heces y dar una recompensa equivalente a este peso. Una vez evaluados los resultados, se procedió a realizar la metodología que se describirá en la siguiente sección.

2.1 Metodología.

Dentro de la metodología aplicada para el desarrollo del presente trabajo se consideraron varias etapas para poder cumplir con el desarrollo del contenedor. A continuación, se mencionan cada una de las etapas comprendidas.

2.1.1. Etapa 1: Integración.

En esta etapa lo que se buscó es recopilar los datos necesarios para poder encontrar las demandas exigidas por el usuario a través de la realización de encuestas haciendo uso del modelo Kano. Además, se identificó los parámetros de diseño haciendo uso del Proceso de Análisis Jerárquico, AHP por sus siglas en inglés para realizar una clasificación dependiendo del índice de importancia.

2.1.2. Etapa 2: Diseño.

En esta etapa se llevó a cabo el diseño físico y modular del contenedor contemplando cada uno de sus elementos y funcionalidades, así como el diseño de servicios que incorporará el contenedor.

2.1.3. Etapa 3: Integración de herramientas.

Esta etapa se refiere a la integración de las herramientas para poder crear el prototipo del contenedor y poder observar su adaptación con la sociedad. De igual manera se buscó realizar el modelo de negocio a través del CANVAS para poder crear una cartera de servicios a ofrecer, para ver como operara el servicio tanto de manera externa como interna.

2.1.4. Etapa 4: Validación.

Esta etapa conlleva la realización de un prototipo del contenedor para poder observar su correcta funcionalidad una vez desarrollado el diseño previo y ver su adaptabilidad con la sociedad. Esta etapa contemplo dos actividades principales las cuales fueron:

3. RESULTADOS.

3.1. Integración: Análisis para la obtención de las demandas exigidas por el usuario.

Para la determinación de las demandas secundarias y primarias, se realizó un análisis de las principales características que deben considerarse en un contenedor. En este caso, hay dos características relevantes: la capacidad de detectar las heces de perro que se ingresan al contenedor y la implementación de un mecanismo para recompensar al usuario. Estas demandas fueron obtenidas a través de visualizar las principales necesidades que los usuarios. Adicionalmente, se estableció una colaboración de un grupo de expertos y se realizó un estado del arte y un estado de la técnica sobre sistemas similares. En cada una de las demandas primarias se contemplan algunas secundarias para poder cubrir por completo la demanda primaria.

Una vez que se identificaron cada una de las demandas primarias y secundarias con su respectiva relación, se aplicó el método AHP para poder encontrar el nivel de importancia de cada una de ellas. Para ello se hicieron matrices de acuerdo con el método mencionado, en donde lo que se buscaba obtener en cada una de estas relaciones un índice de consistencia menor a 0.1. En las siguientes tablas se representa la aplicación del método AHP en las demandas primarias, para ello se utilizó una ponderación del 1 al 9 dependiendo el nivel de importancia [8].

En las tablas 1, 2 y 3 se muestra la aplicación del método AHP analizando únicamente las demandas primarias, con ello se aprecia el nivel de importancia que cada una obtuvo y así obtener su respectiva jerarquización.

Tabla 1. Matriz de comparación de las demandas primarias.

	F	R	P	S	C	A	E	M
Facilidad para colocar el deposito	1	1/3	5	1/3	3	3	3	3
Sistema inteligente de recompensa	3	1	9	1/3	5	3	3	3
Practicidad de recolección	1/5	1/9	1	1/9	1/3	1/3	1/7	1/3
Sistema intuitivo	3	3	9	1	9	7	3	7
Sistema inteligente de funcionamiento del contenedor	1/3	1/5	3	1/9	1	1/3	1/3	1/3
Alimentación eléctrica	1/3	1/3	3	1/7	3	1	1/3	1/3
Estética	1/3	1/7	5	1/3	3	3	1	3
Mantenimiento a mecanismos	1/3	1/3	3	1/7	3	3	1/3	1
	8.533	5.454	38.000	2.508	27.333	20.667	11.143	18.000

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 2. Método de evaluación (1).

	Método de Evaluación								
	F	R	P	S	C	A	E	M	
Facilidad para colocar el deposito	0.1172	0.061	0.132	0.133	0.110	0.145	0.269	0.167	1.1336
Sistema inteligente de recompensa	0.3516	0.183	0.237	0.133	0.183	0.145	0.269	0.167	1.6687
Practicidad de recolección	0.0234	0.020	0.026	0.044	0.012	0.016	0.013	0.019	0.1741
Sistema intuitivo	0.3516	0.550	0.237	0.399	0.329	0.339	0.269	0.389	2.8633
Sistema inteligente de funcionamiento del contenedor	0.0391	0.037	0.079	0.044	0.037	0.016	0.030	0.019	0.3001
Alimentación eléctrica	0.0391	0.061	0.079	0.057	0.110	0.048	0.030	0.019	0.4427
Estética	0.0391	0.026	0.132	0.133	0.110	0.145	0.090	0.167	0.8411
Mantenimiento a mecanismos	0.0391	0.061	0.079	0.057	0.110	0.145	0.030	0.056	0.5765
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 3. Método de evaluación (2).

Método Ev.	Wi	%
1.1336	0.1417	14.17
1.6687	0.2086	20.86
0.1741	0.0218	2.18
2.8633	0.3579	35.79
0.3001	0.0375	3.75
0.4427	0.0553	5.53
0.8411	0.1051	10.51
0.5765	0.0721	7.21
8.00		

Fuente: *Elaboración propia.*

En cada una de las demandas secundarias se realizó el mismo procedimiento, obteniendo con ello el nivel de importancia tanto de las demandas primarias como de las secundarias.

3.2. Diseño: Realización del QFD + TRIZ.

En esta etapa se realizó el diseño del contenedor haciendo uso del Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para realizar un diseño que busque cubrir las demandas exigidas por el usuario haciendo uso de la Teoría para Resolver Problemas de Inventiva (TRIZ) para resolver conflictos.

Para la construcción de la casa de calidad y poder encontrar los parámetros de diseño recomendables, primero se realizó la tabla de planeación, en donde se tomaron en cuenta 20 de las 29 demandas secundarias contemplando las de mayor índice de importancia. Posteriormente, se realizó una evaluación subjetiva por parte del cliente comparando nuestro producto con cuatro competidores y así poder obtener una comparación inicial (ver Tabla 5).

Tabla 5. Evaluación del cliente con respecto a los demás competidores.

Demandas Exigidas	Importancia	Evaluación del cliente			
		Sterling	Ecube Labs	Can 25	Parque de México
Rendija fácil de usar	8.60	5	5	4	4
Cantidad suficiente de recompensa	11.96	3	2	1	3
Fácil de visualizar	5.97	5	2	1	2
Depósito fácil de retirar	1.57	3	5	5	3
Sistema intuitivo con display	25.90	2	4	1	4
Densidad correcta	1.65	1	3	1	2
Energía eléctrica sustentable	4.14	2	5	1	4
Ancho	4.07	4	4	3	3
Sin contacto con el usuario	1.27	5	5	5	5
Buen tamaño de la cubierta	4.30	5	5	3	4
Fácil retiro de recompensa	2.92	1	1	1	1
Hermeticidad	0.18	3	5	2	4
Sensores	0.96	5	5	1	4
Base de datos	0.16	1	3	1	3
No contaminante	0.40	1	5	3	4
Color	2.33	5	5	5	5
Periodicidad de mantto.	4.56	3	5	2	5
Fácil de remover	0.76	3	5	5	5
Facilidad de mantto.	1.88	4	3	5	3
Reconocimiento del desecho	0.38	5	5	2	5

Fuente: *Elaboración propia.*

Con esta información se obtuvo el porcentaje de importancia de cada demanda contemplando la evaluación de cliente y la importancia de cada una de las demandas obtenidas por el método AHP, lo que permite clasificar a los competidores y establecer el nivel de desempeño deseado tablas 7.

Tabla 6. *Tabla de planeación (1).*

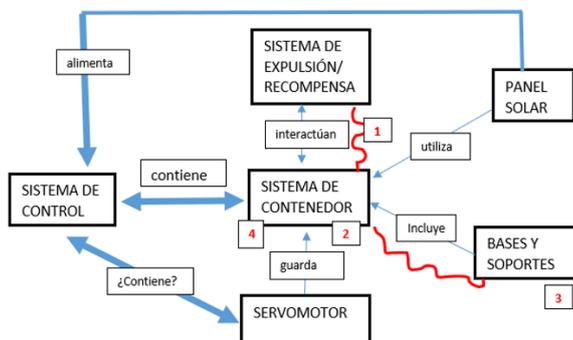
Demandas Exigidas	Tabla de planeación				
	Importancia	Evaluación del cliente			
		Sterling	Ecube Labs	Can 25	Parque de México
Rendija fácil de usar	8.60	5	5	4	4
Cantidad suficiente de recompensa	11.96	3	2	1	3
Fácil de visualizar	5.97	5	2	1	2
Depósito fácil de retirar	1.57	3	5	5	3
Sistema intuitivo con display	25.90	2	4	1	4
Densidad correcta	1.65	1	3	1	2
Energía eléctrica sustentable	4.14	2	5	1	4
Ancho	4.07	4	4	3	3
Sin contacto con el usuario	1.27	5	5	5	5
Buen tamaño de la cubierta	4.30	5	5	3	4
Fácil retiro de recompensa	2.92	1	1	1	1
Hermeticidad	0.18	3	5	2	4
Sensores	0.96	5	5	1	4
Base de datos	0.16	1	3	1	3
No contaminante	0.40	1	5	3	4
Color	2.33	5	5	5	5
Periodicidad de mantto.	4.56	3	5	2	5
Fácil de remover	0.76	3	5	5	5
Facilidad de mantto.	1.88	4	3	5	3
Reconocimiento del desecho	0.38	5	5	2	5
Importancia ponderada	83.98	265.24	317.06	163.72	301.58

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3. Realización del FAST.

En esta etapa se implementó el Análisis Funcional (AF) para analizar la interacción entre cada uno de los subsistemas que contendrá el contenedor y con ello poder descomponer cada subsistema en sus elementos. En la figura 1 se observa el diagrama funcional del contenedor y la forma en que se relacionan los sistemas y subsistemas. En este diagrama también se identifican una serie de problemas que deben resolverse:

Figura 1. *Diagrama de funcionalidad del contenedor*



Fuente: *Elaboración propia.*

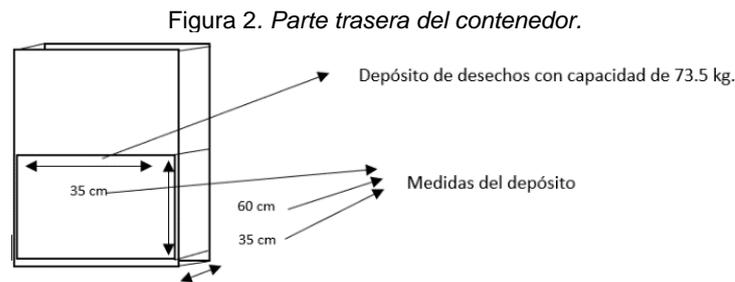
El conflicto entre el sistema de expulsión de recompensa y el sistema en general del contenedor, es que sin una correcta funcionalidad del sistema del contenedor no se podría otorgar la recompensa, o en su defecto, otorgar recompensa sin que el usuario la solicite. Para la solución de estar alternativa la programación del sistema es la clave, ya que esta se encargará de dar el orden del momento en que se entregue o no la recompensa.

Entre el sistema del contenedor y las bases y soportes, el conflicto generado consiste en que por si solo el sistema no funcionaria, el contenedor necesita del soporte necesario para una correcta funcionalidad sino no existiría una estabilización y ocasionaría problemas. La solución para el conflicto consiste en realizar un correcto diseño para que la colocación de las bases y soportes no influyan en el funcionamiento del contenedor en forma negativa.

3.4. Diseño físico y modular del contenedor.

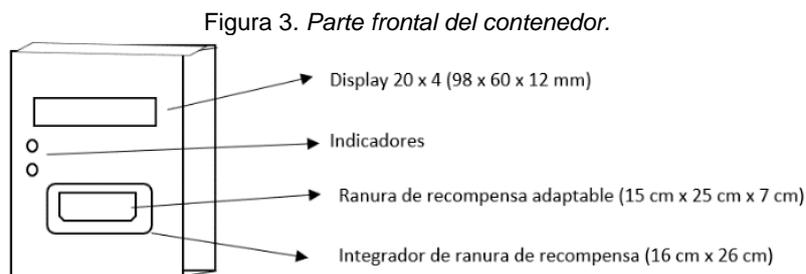
El diseño conceptual materializa los requerimientos identificados en la etapa anterior y las soluciones propuestas para resolver los problemas identificados en el análisis funcional. Para el diseño físico se tomaron en cuenta las dimensiones de cada uno de los componentes del contenedor, con la finalidad de que existiera un correcto acoplamiento y funcionamiento. Además, se determinaron los materiales a utilizar para cada componente. En el caso de la tapa y el contenedor, el material recomendable es el polipropileno, debido a que es un material que además

de ser de bajo costo, otorga ciertas características para mantener en buenas condiciones los elementos del contenedor. La figura 2 representa la parte trasera del contenedor, considerando las mediciones y el depósito de desecho que contendrá.



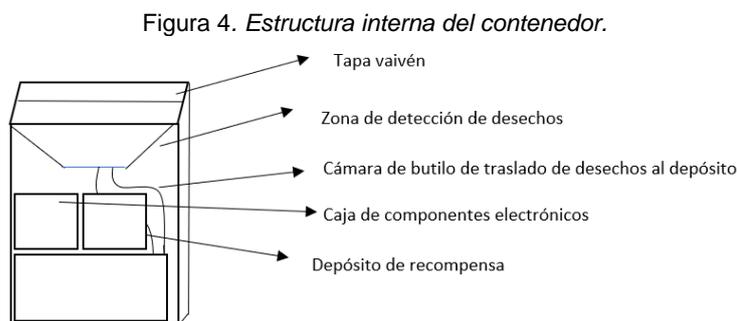
Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 3 se muestra la representación de la parte frontal del contenedor, la cual dará la primera impresión al usuario.



Fuente: *Elaboración propia.*

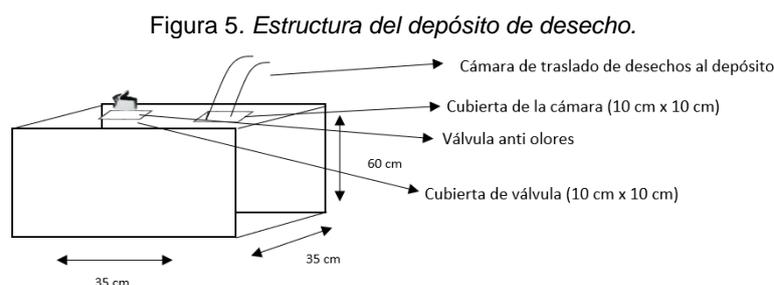
La estructura interna está diseñada a manera de que cada elemento tuviera el espacio requerido y con ello lograr un correcto funcionamiento. En la figura 4 se representa la estructura interna del contenedor.



Fuente: *elaboración propia.*

De igual manera se considera un cámara de butilo para trasladar el desecho, que en este caso será el desecho orgánico canino, debido a que dentro de las características de este material esta la impermeabilidad, flexibilidad, resistencia a las perforaciones y su costo no es elevado.

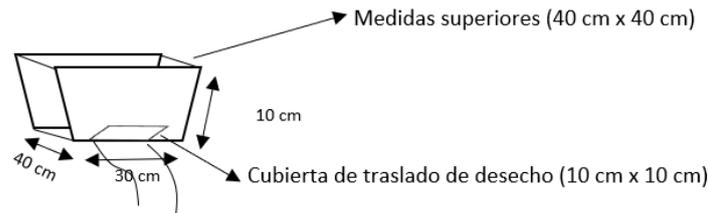
En el diseño del depósito se contempló cada uno de los elementos que debe contener, uno de ellos es la válvula anti olores y la entrada de la cámara de butilo que trasladará los desechos al depósito, en la figura 5 se observa la estructura del depósito de desecho.



Fuente: *Elaboración propia.*

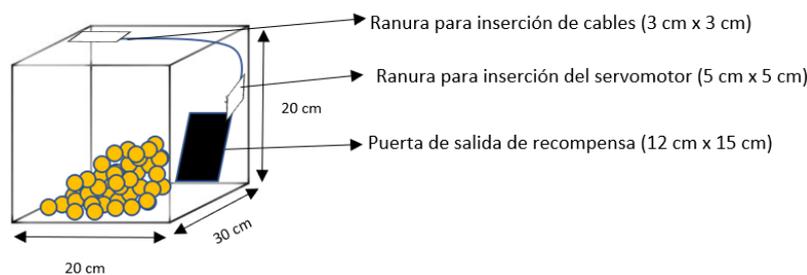
A la hora de introducir el desecho, es importante que el sensor realmente pueda hacer la detección, es por ello por lo que se diseñó de tal forma en que la detección se realizará de manera efectiva. En la figura 6 se muestra la representación de la zona de detección del desecho.

Figura 6. Zona de detección del desecho.

Fuente: *Elaboración propia.*

Para la entrega de la recompensa interactúan el subsistema de funcionamiento del contenedor, las bases y soportes, el sistema de control y el servomotor. La recompensa se dará una vez que el depósito ha sido detectado, inmediatamente se mandará una señal al servomotor, este realizará la función de abrir la cubierta del depósito de recompensa dejando caer la cantidad proporcional previamente programada. En la figura 7 se aprecia la estructura interna del depósito de recompensa y sus elementos.

Figura 7. Depósito de recompensa.

Fuente: *Elaboración propia.*

Al hablar del diseño modular del contenedor, nos referimos a la capacidad del sistema para modificar capacidad volumétrica por medio del cambio del contenedor sin tener que ajustar cualquier otro componente. Así, se logró que un usuario pueda personalizar diferentes prestaciones del sistema, según las necesidades que el cliente quiera cumplir.

En el caso del contenedor que otorgue recompensa, se utilizará un sistema que actuará directamente con el sistema de detección del desecho y, una vez identificado el desecho, se envía una señal a un servomotor que otorga la recompensa. Las recompensas estarán sujetas a cambio de acuerdo a lo que el cliente desee incluir, pero para ello el sistema en función será diferente para cada tipo. En el caso de que la recompensa fuesen croquetas de perro, se opta por un depósito que tenga medidas de 30cm x 20cm x 20cm teniendo con esto capacidad de 12 Kg. La manera en que la recompensa será dada al usuario será a través de un servomotor que permitirá que una puerta del contenedor pueda ser abierta cayendo así en un apartado exclusivo para la recompensa, una vez depositada la recompensa, la puerta del depósito se cerrará evitando con ello un mal uso del contenedor y evitar fallos.

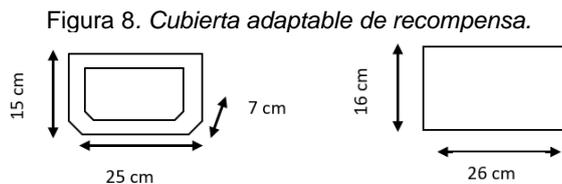
En el caso de las recompensas que requieran la generación de códigos que puedan ser canjeables o en su defecto tickets de manera electrónica, se diseñó un algoritmo que pueda crear un "random generate" para permitir que ciertos números sean válidos, mostrando en el display la cifra generada que en este caso puede ser una combinación de números, letras y caracteres especiales, los cuales se enviarán a una base para confirmar que el código se creó correctamente.

Por otro lado, se tiene la alternativa de tener contenedores que solo contemplen del depósito del desecho, sin que se otorgue una recompensa al usuario, teniendo con ello un modelo más simple ya que sólo sirve para la recolección.

Las medidas para ambos tipos de contenedor serán las mismas, solo que en este caso uno contendrá el sistema de recompensa y otro no, la parte externa del contenedor será de manera sintetizada, haciendo énfasis únicamente en que este no tendrá el sistema de recompensa sino solo el de recolección de desechos.

Se toma en consideración la alternativa a que el cliente requiera posteriormente añadir funcionalidades al contenedor, es por ello, que la caja que contendrá el sistema electrónico tendrá los espacios necesarios para acoplar el o los elementos que añadirían funcionalidad al contenedor, por otro lado, el espacio en donde se otorgara la recompensa será adaptable al contenedor, teniendo unas medidas de 25cm x 15 cm x 7 cm teniendo con ello una capacidad de 2.625 Kg y este será del

mismo material del contenedor, teniendo con una el contenedor una puerta retirable si es que se desea añadir el depósito de recompensa con medidas de 26cm x 16 cm. Una representación de ello la tenemos en la figura 8.



Fuente: *Elaboración propia.*

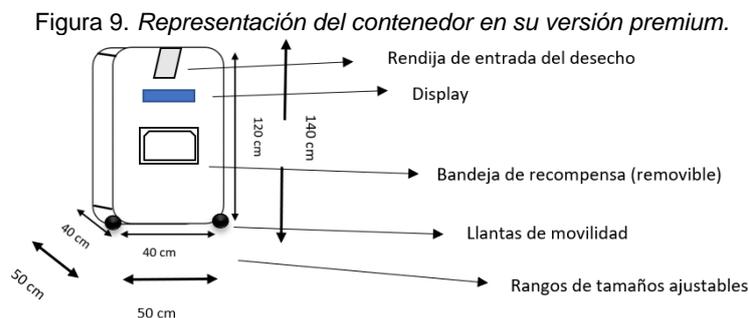
Es importante mencionar que estas medidas pueden ser modificadas, pero no alteraran la configuración de funcionamiento del contenedor en cuanto al sistema de recompensa se refiere.

De igual manera se contemplan diferentes versiones de contenedores, en donde las variaciones serán con respecto a diferentes factores como; peso, configuración de funcionamiento, altura, movilidad, entre otras.

Se contemplan cuatro versiones, siendo estas las siguientes:

Versión premium: En esta versión se tiene contemplado que el contenedor tenga un rango de capacidad de entre 96 a 175 litros, variando con ello la medida del depósito del desecho y del contenedor, se consideró que el material para ambos sea de polietileno. De igual manera se contempla cualquier sistema de recompensa ya sea física o electrónica, así como la del display si lo requiere o no. La capacidad en este caso puede ser adaptable tanto para los desechos como la recompensa, ya sea teniendo más de una o de otra, pero que estén dentro de ese rango. Esta versión contará con ruedas de movilidad.

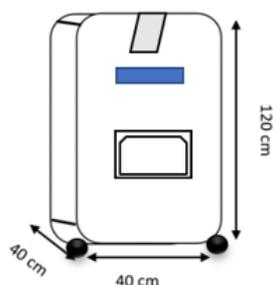
En la figura 9 se muestra la representación de esta versión del contenedor.



Fuente: *Elaboración propia.*

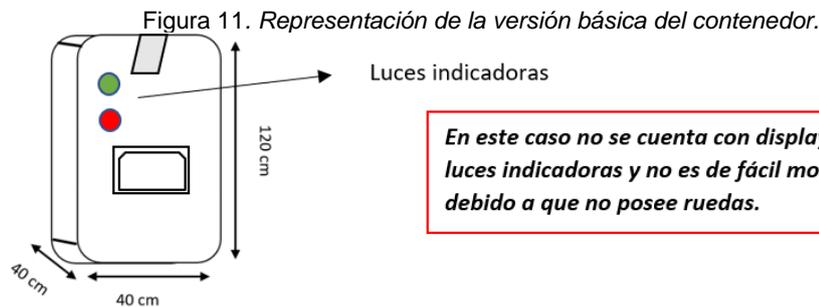
Versión estándar: La versión básica al igual que la estándar solo contará con 96 litros de capacidad, pero solo contará con un sistema de recompensa físico sin la utilización del display para visualizar mensajes, solo se representará mediante luces led, que la recompensa ha sido dada. En la figura 10 se puede ver la representación de la versión estándar del contenedor.

Figura 10. Representación de la versión estándar del contenedor.



Fuente: *Elaboración propia.*

Versión básica: La versión básica al igual que la estándar solo contará con 96 litros de capacidad, pero solo contará con un sistema de recompensa físico sin la utilización del display para visualizar mensajes, solo se representará mediante luces led, que la recompensa se otorgó. La representación de la versión básica se muestra en la figura 11.



Fuente: *Elaboración propia.*

En la versión mixta se contempla ofrecerle al cliente una configuración dependiendo a las características que el desea incluir, variando tamaño, peso, dimensiones y configuración.

3.5. Aplicación del CANVAS en el diseño de servicios.

A la hora de diseñar el contenedor y debido a que este no es un producto de uso único, este genera que se deban contemplar actividades posteriores a su implementación, dentro de las cuales no encontramos con; mantenimiento, monitoreo de funcionalidad, recolección de los desechos, etc. Además, se deben establecer los términos de venta y que se le ofrecerá al cliente. A continuación, se presenta el diseño del servicio haciendo uso del modelo CANVAS.

- Vender cierto número de contenedores con una garantía de mantenimiento por 6 meses, en donde pasando ese lapso de tiempo, el mantenimiento tendrá un costo adicional por cada contenedor vendido, pero si requiere contenedores nuevos se le otorga un descuento del 15% del contenedor con mantenimiento garantizado por el mismo periodo de 6 meses. Teniendo un valor agregado de dar recompensa al usuario ya sea de croquetas de perro, souvenirs o alguna del interés del cliente (esta pudiese darse de manera digital).

La construcción del modelo CANVAS para el servicio se realizó de la siguiente manera:

Segmentación de clientes: En este bloque del modelo CANVAS se tomó en cuenta los tres tipos de clientes en un negocio o servicio, los cuales son; el cliente que habilita, el cliente que compra y el cliente que usa.

Propuesta de valor: Dentro de la propuesta de valor describimos cada una de las características que dará el servicio, así como los distintivos que este tendrá y el porqué de considerar como una buena opción el adquirir el contenedor. Se contemplan diferentes puntos en la propuesta de valor los cuales son los siguientes: recompensa, base de datos, diseño modular, alimentación eléctrica sostenible, plan de mantenimiento y descuentos.

Canales de distribución: Se contemplaron dos vertientes al hablar de los canales de distribución, una para el lado de la comunicación, es decir, el cómo se dará a conocer el contenedor, y por otro lado el cómo se efectuará la distribución local.

- Comunicación: Marketing digital, redes sociales (facebook, twitter, instagram), páginas web, difusión en carteleras municipales, congresos referentes al medio ambiente e innovación, programas de radio, volantes.
- Distribución local: vehículo especial para traslado de contenedores.

Relación con el cliente: La relación que se pretende tener con el cliente se da dependiendo de los tres tipos, habilitadores, comprador y usuario.

Fuente de ingresos: en la fuente de ingresos para este servicio, se definió como es que ingresaría el capital a través del servicio brindado, así como las formas de pago que conllevara su adquisición. A continuación, se describe este bloque.

- Venta por toda la propuesta de valor, renta de los servicios de los datos dirigidos a la página web, realización de mantenimiento extra, fuera del periodo mencionado, realización de diseños contemplando otras funcionalidades, venta directa, publicidad en sitio web, membresías a socios constantes.

- Formas de pago: en efectivo, a través de transferencias bancarias, tarjetas de crédito/débito, otorgación del contenedor con un lapso de pago a un año a través de cierta tasa de interés. Licitación directa.

Recursos clave: Dentro de los recursos clave se contemplaron cuatro tipos; recursos físicos, recursos humanos, recursos intelectuales y recursos financieros. A continuación, se describe cada recurso clave por su tipo.

- Recursos físicos: equipo de cómputo de alto nivel, laboratorio de diseño electrónico, vehículo de entrega del contenedor o contenedores.
- Recursos humanos: equipo de expertos en sistemas computacionales, electrónica y administrativos, relación con mandatarios gubernamentales.
- Recursos intelectuales: patentes del contenedor ante el IMPI.
- Recursos financieros: donaciones, financiamiento gubernamental, financiamiento empresarial.

Actividades clave: Se contempla una gran variedad de actividades clave, en donde se a través de ellas se podrá lograr que el servicio sea dado de la mejor manera para el o los diferentes clientes. Se muestra el listado de las diferentes actividades clave contempladas:

1. Hacer un estudio sobre la demanda de perros en las diferentes zonas de la ciudad, principalmente parques.
2. Crear un análisis a través de los datos enviados a la base de datos para conocer los mantenimientos a otorgar y/o verificar el funcionamiento del contenedor contemplando el sistema de recompensa.
3. Establecer rutas para el o los contenedores a darles servicio.
4. Capacitación a clientes compradores acerca del funcionamiento del contenedor y la utilización de la página web donde se enviarán los datos.
5. Definición de la logística y secuencia periódica del funcionamiento del contenedor.
6. Monitoreo del sistema de comunicación.
7. Definir la recompensa que se otorgará al usuario.

Socios clave: Se contemplan siete socios clave que pueden aportar valor al servicio a brindar, dentro de los cuales nos encontramos con los siguientes:

- Diferentes niveles de gobierno.
- Convenios de distribución local.
- Apoyos financieros por el banco.
- Programas gubernamentales de apoyo empresarial.
- Empresas o asociaciones pro-ambientalistas.
- Programas gubernamentales de apoyo a la innovación.

Estructura de costos: La estructura de costos está contemplada tomando en cuenta las diferentes vertientes a contemplar para hacer realidad la aplicación del servicio. La estructura de costos está definida de la siguiente manera:

Servicios contratados, mano de obra, servicios subcontratados, costo de marketing, patente, costos de mantenimiento, materiales y equipo, servicio, hosting web, suministros, certificaciones, permisos legales.

3.6. Creación del prototipo funcional.

Para poder verificar que el diseño se realizó de manera correcta, se creó un prototipo y con ello apreciar si este funcionaba de manera correctamente, en la figura 12 se muestra la construcción del prototipo.

Figura 12. Prototipo funcional del contenedor.



Fuente: Elaboración propia,

El prototipo incluye parte del diseño previo mencionado, evidentemente falta complementar con más elementos. Dentro de las características que incluye el prototipo esta la detección del desecho, la comunicación GPRS y el sistema de alimentación, además del acoplamiento de los elementos.

4. CONCLUSIONES.

Para poder contribuir a que la sustentabilidad sea un concepto que se aplique en la sociedad es necesario identificar aquellas problemáticas que se deben atender dentro del entorno, previo al desarrollo del diseño del contenedor se identificó que una problemática global es la contaminación generada por las heces caninas y que además no se reutilizan, siendo estas un recurso que puede ser aprovechado para poder generar beneficios. Tal y como se pudo identificar la problemática que dio pie a la realización del presente proyecto, de igual manera pueden ser identificables otras más, es cuestión de querer colaborar a dar solución a ello, los problemas más fáciles de identificar son los ambientales, los cuales han sido ampliamente descuidados y no se les ha prestado atención. La capacidad de almacenamiento de cada contenedor es de aproximadamente 73.5 kg., se estima que en la ciudad se logre una recolecta de 5.2 toneladas de este residuo anualmente, esto se ha calculado con el número de contenedores que se pueden implementar en la ciudad de Orizaba de donde es el caso de estudio. El tener una recolecta esa capacidad además de beneficiar a reducir la contaminación por las heces, daría cabida a tener áreas de oportunidad en donde se pueda sacar un beneficio económico, es de ahí en donde entra el diseño de servicios que a su vez darían apertura a crear un negocio. Las oportunidades están visibles en nuestro entorno, hace falta analizar bien las problemáticas que existen en la sociedad y crear productos y/o servicios que además de dar soluciones, generan recursos. Hace falta más inversión para proyectos que puedan crear sustentabilidad en las ciudades, América Latina no ha dado ese paso, por ello es importante levantar propuestas de este tipo para despertar el interés de los gobiernos correspondientes.

5. REFERENCIAS.

- [1] L. Hart, «Dogs as human companions: A review of the relationship,» 1995.
- [2] A. Vergara, «Letras Libres,» 5 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.letraslibres.com/espana-mexico/ciencia-y-tecnologia/algunas-ideas-solucionar-el-problema-la-sobrepoblacion-canina-en-mexico>.
- [3] A. Steiner y D. Newman, «Global Waste Management Outlook,» Tara Cannon, Ryokuchi koen, Tsurumi-ku, Osaka , 2015.
- [4] «Noticias ONU,» 12 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>.
- [5] «Semana Sostenible,» 12 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/popo-perro-como-hacer-manejo-adeecuado/32565>.
- [6] T. Jiménez Ariza, «Mundo Animalia,» 16 Abril 2014. [En línea]. Available: https://www.mundoanimalia.com/articulo/Razones_para_recoger_los_excrementos_de_nuestros_perros#.
- [7] «Prensa Libre,» 8 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.prensalibre.com/vida/salud-y-familia/la-importancia-de-recoger-las-heces-de-los-perros-en-la-calle/>.
- [8] G. B. Toskano Hurtado, «El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores.,» 2007.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a CONACYT por ser quien ha apoyado a que la investigación desarrollada se pudiera llevar a cabo, otorgando los medios necesarios para su conclusión.

Área

F



La
Educación
en la
Ingeniería
Industrial



	Título del Trabajo	Código
	La Industria 4.0 y el impacto en las competencias académicas del ingeniero industrial	CO21-F01
	Proyecto final de ingeniería industrial: descripción, proceso y análisis de la tributación de competencias específicas	CO21-F02
	De la presencialidad a la virtualidad: accesibilidad académica y recursos didácticos en tiempos de pandemia	CO21-F03
	Producción de contenidos académicos en carreras de ingeniería en tiempos de pandemia	CO21-F06
	Creación de caso pedagógico de estudio a partir de experiencia emprendedora, y su aplicación académica	CO21-F07
	Experiencia de la Facultad de Ingeniería de la UNLP durante la pandemia por COVID-19: Cátedras de Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos	CO21-F08
	Evaluar a través de foros: una experiencia con estudiantes de ingeniería	CO21-F09
	La no presencialidad, ¿fomenta el aprendizaje autónomo?	CO21-F10
	Cursado, seguimiento y autoevaluación en práctica: resultados de uso de plataforma autogestionable para PPS	CO21-F11
	Evaluación de competencias genéricas de egreso: sociales, políticas y actitudinales en carreras de ingenierías adquiridas en la carrera y fuera de ella.	CO21-F13
	Tecnología educativa aplicada a la enseñanza universitaria: uso de tecnologías emergentes y existentes para mejorar las experiencias de aprendizaje en ciencias aplicadas.	CO21-F14
	Análisis de la intervención ergonómica. Una mirada sobre la enseñanza virtual de la ergonomía en contexto de pandemia	CO21-F16
	Continuidad de las experiencias en la práctica de una ingeniería más social	CO21-F19
	Las materias básicas en los proyectos finales de carrera	CO21-F21
	Adquisición de competencias profesionales en la replicación del análisis exergético de centrales termoeléctricas provenientes de artículos científicos	CO21-F23
	Acciones de mejora en el plan de estudio de Ingeniería Industrial a partir de indicadores	CO21-F24
	Estudio del proceso de aprendizaje de la elaboración de una estrategia	CO21-F26
	Actividad dinámica colaborativa virtual aplicada en una materia integradora	CO21-F28
	¿Resuelven las correlativas el ordenamiento académico?	CO21-F29
	Estrategias y técnicas específicas para el aprendizaje de la ingeniería, implementando el diseño por competencias en un trayecto formativo	CO21-F29
	El impacto de la simulación dentro de modelos educativos	CO21-F29
	Una propuesta académica para una carrera universitaria en modalidad semi presencial	CO21-F29

La Industria 4.0 y el impacto en las competencias académicas del ingeniero industrial

Granillo-Macías, Rafael*; González-Hernández, Isidro Jesús; Santana-Robles, Francisca; Piedra-Mayorga, Víctor Manuel

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Ciudad Sahagún
rafaelgm@uaeh.edu.mx; igonzaalez@uaeh.edu.mx; profe_7739@uaeh.edu.mx;
vm piedra@uaeh.edu.mx

RESUMEN

Las competencias profesionales y de dominio específico para la Industria 4.0 han tomado mayor relevancia en los programas educativos de educación superior en las áreas de ingeniería. Una década atrás, en 2011 se da el inicio de una nueva revolución industrial, la cual significativamente a modificado los entornos de trabajo. En este trabajo se exponen algunas de las competencias que el Ingeniero Industria debe desarrollar para la Industria 4.0, enfocadas en hacer eficientes procesos que incluyen las compras, producción, fabricación, ventas y mantenimiento como efecto de la fabricación inteligente. En este estudio se toma como efecto el desarrollo de competencias en una universidad en México. Como resultado se identifica en este artículo la necesidad del desarrollo de nuevas capacidades requeridas por los ingenieros industriales en la industria 4.0.

Palabras Claves: industria 4.0, competencias, ingeniería, modelo curricular

ABSTRACT

Professional and domain-specific competencies for Industry 4.0 have become more relevant in higher education educational programs in engineering areas. A decade ago, in 2011, a new industrial revolution began, which has significantly modified work environments. In this work, some of the competencies that the Industry Engineer must develop for Industry 4.0 are exposed, focused on making efficient processes that include purchasing, production, manufacturing, sales and maintenance as an effect of smart manufacturing. In this study, the development of competencies in a university in Mexico is taken as an effect. As a result, the need for the development of new capabilities required by industrial engineers in Industry 4.0 is identified in this article.

Keywords: industry 4.0, skills, engineering, curriculum model

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios tecnológicos tienen actualmente un significativo impacto en el perfil de los empleados y sus competencias. El uso y la aplicación de la tecnología implican en algunos casos un alto nivel de complejidad, lo que conlleva a la adquisición de cierto nivel de educación para el desempeño [1]. La eliminación de tareas manuales repetitivas y la supresión de trabajos de naturaleza cognitiva como la planeación de la producción, son algunas de las implicaciones de la industria 4.0. [2]. Las nuevas tecnologías han impulsado la flexibilidad, la eficiencia y la calidad de los sistemas productivos, generando la necesidad de desarrollar competencias específicas dentro de las organizaciones y sus empleados.

La Industria 4.0 combina y conecta tecnologías digitales y físicas (Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas, Fabricación Aditiva, Robótica, Computación en la Nube, entre otros) para impulsar empresas más flexibles, receptivas e interconectadas, capaces de tomar decisiones más informadas. Además, la Industria 4.0 brinda oportunidades para innovación más allá de productos y servicios que puedan requerir un conjunto nuevo de enfoques en áreas tales como talento, riesgo cibernético y disrupción competitiva. Las áreas en las cuales las aplicaciones de Industria 4.0 pueden, por ejemplo, ayudar a entregar aprendizaje continuo, aprovechar nuevas fuentes de talento, alcanzar mercados desatendidos, ofrecer herramientas predictivas para ayudar a mejorar procesos y reducir el riesgo, conectar cadenas de suministro, crear nuevos ecosistemas, permitir sistemas más ágiles que puedan adaptarse y responder ante los cambios en tiempo real [3].

De acuerdo a las encuestas realizadas por Deloitte [3], líderes en diferentes industrias identificaron la cadena de suministro como un área superior para las inversiones actuales y futuras de transformación digital, lo que indica que las iniciativas de la cadena de suministro, son una prioridad máxima. Las iniciativas de transformación digital están impulsadas en gran medida por la mejora de la productividad y los objetivos operativos, esencialmente, aprovechando las tecnologías avanzadas, principalmente para hacer mejor las mismas cosas.

Actualmente la formación de profesionales de ingeniería exige competencias para entornos laborales y sociales cada vez más cambiantes, sumado a la evidencia científica que revela que el conocimiento no es estático, sino un proceso dinámico que evoluciona constantemente [4]. Las competencias que deben adquirirse (los resultados de aprendizaje esperados) en la educación superior como el conocimiento del dominio específico (ingeniería, medicina, leyes, etc.), habilidades para la resolución de problemas, pensamiento analítico y crítico, autoconcepto académico y creencias epistemológicas, etc., se incluyen en casi todos los planes de estudio de los programas educativos de educación superior. En este sentido, las competencias profesionales y de dominio específico son clave en los graduados, ya que les permitirá tener la capacidad de establecerse y afianzarse en campos profesionales en constante cambio [5].

Carracedo et al. [6] menciona que el término "competencias profesionales" se utiliza para referirse a las competencias que los estudiantes de educación superior deberán adquirir para su profesión más allá del conocimiento técnico requerido (competencias técnicas o competencias de dominio específico). Por lo tanto, las competencias de dominio específico garantizan la adquisición de conocimientos en cada área, pero las competencias profesionales imponen habilidades y prácticas transversales que son apropiadas para la mayoría de las áreas y se pueden aplicar a una variedad de trabajos, situaciones o tareas. Por ejemplo, la modelación matemática es una competencia de dominio específico, mientras que el trabajo en equipo es una competencia profesional.

De tal forma que, las competencias adquiridas en la educación superior contribuyen a garantizar el suministro de talento humano altamente calificado e impulsa el progreso científico y tecnológico en las sociedades actuales basadas en el conocimiento.

Bajo este contexto, las competencias profesionales y de dominio específico para la Industria 4.0 han tomado mayor relevancia en los programas educativos de educación superior en las áreas de ingeniería, ya que la Industria 4.0 en los próximos años cambiará significativamente los entornos de trabajo, por ejemplo, se modificarán los procesos de compra, producción, fabricación, ventas y mantenimiento debido a la fabricación inteligente, un alto grado automatización y mantenimiento inteligente. Como consecuencia los empleados o trabajadores se enfrentarán con modelos de negocios transformados y procesos de producción y distribución de bienes con nuevas tecnologías disruptivas [7].

2. INDUSTRIA 4.0 Y COMPETENCIAS.

Debido a que la Industria 4.0 está transformando el entorno laboral, es necesario cambiar el perfil de formación de la educación superior en las áreas de ingeniería con el objetivo de que los estudiantes adquieran las competencias necesarias para la Industria 4.0.

Con el progreso de la tecnología y los sistemas de información, la evolución de los mercados y los requisitos (diseño, calidad, funcionalidad y valor agregado) de los productos y servicios de los clientes se ha convertido en un desafío para las empresas, por lo tanto, las empresas que tengan la capacidad de adaptarse rápidamente a las innovaciones tecnológicas pueden permanecer en el mercado. Esta nueva forma de realizar las operaciones en las empresas se conoce como Industria 4.0. Fan [8] menciona que el Instituto de Investigación de Habilidades Ocupacionales de China (MyCOS, por sus siglas en inglés) construyó un marco de competencias genéricas para graduados de educación superior basado en investigaciones en algunas escuelas politécnicas e industrias de China. El marco de competencias está compuesto por cinco categorías de 35 capacidades fundamentales para cumplir con los requisitos de las industrias (Tabla 1). Las cinco categorías son:

1. Comprensión y comunicación
2. Formas científicas de pensar
3. Administración
4. Aplicación y análisis
5. Habilidades y conocimientos prácticos

Tabla 1. Categorías y competencias, basado en Fan (2017)

Categoría	Competencia genérica
Comprensión y comunicaciones	Comprensión en la lectura. Escucha proactiva Comunicación oral efectiva Aprendizaje proactivo Métodos de aprendizaje Comprensión Servir a la gente
Formas científicas de pensar	Escribir de manera correcta Solución matemática Análisis científico Pensamiento crítico
Administración	Coordinación y disposición. Persuasión Negociación Dirección Solución de problemas complicados. Juicio y decisión Gestión del tiempo Gestión financiera Gestión logística Gestión de recursos humanos
Aplicación y análisis.	Nuevos conceptos para productos Técnica de diseño Selección de instalaciones Análisis de control de calidad. Monitoreo de la operación Operación y control Mantenimiento de instalaciones. Diagnóstico y resolución de problemas. Análisis sistemático Evaluación sistemática
Conocimiento práctico	Instalación/capacidad de trabajo Programación de computadoras Reparación de máquinas y sistemas

2.1 Enfoque de la industria 4.0 hacia el perfil del ingeniero industrial

De acuerdo a Motyl et al [9] la necesidad de estructurar un mejor conocimiento con base en los conceptos fundamentales de la industria 4.0 se debe dar principalmente en los estudiantes de las áreas de ingeniería. El entorno de la industria 4.0 fundamentado en los objetivos de la mejora de la calidad y la productividad, así como el reemplazo de los trabajos tradicionales por los CPS representa un reto específicamente para el ingeniero industrial, ya que es este el encargado principal de administrar y promover mediante su labor el cumplimiento de estos objetivos.

Sackey & Bester [10] realizan un estudio para examinar los impactos de la Industria 4.0 en la formación y el currículo de ingenieros industriales con el objetivo de determinar las mejoras curriculares en los programas de estudio para adaptarse a los requisitos de la Industria 4.0 en las universidades de Sudáfrica. A partir de una revisión bibliográfica y de un formulario de recolección de datos curriculares de los programas de estudio de ingeniería industrial los autores argumentan que las siguientes áreas de 1) ciencia de datos, 2) simulación avanzada y modelado de plantas virtuales, 3) comunicación de datos y redes, 4) nuevas interfaces hombre-maquina, 5) tecnologías de transferencia digital a física, 6) sistemas de control/gestión de calidad de procesos y productos integrados y 7 inventario en tiempo real y sistemas de optimización logística ; necesitan ser incluidas en los planes de estudio de la carrera de ingeniería industrial para enfrentar los desafíos de la Industria 4.0.

Por otra parte, Karre et al. [11] identifica como competencias técnicas a desarrollar por el ingeniero industrial para enfrentar los desafíos de la Industria 4.0. a las 1) habilidades y conocimientos en tecnologías de la información, 2) el procesamiento y análisis de datos e información, 3) los conocimientos estadístico, 4) el entendimiento organizacional y de procesamiento, 5) las habilidades para interactuar con interfaces modernas, 6) el conocimiento administrativo, 7) el conocimiento interdisciplinario/genérico sobre tecnologías y organizaciones, 8) el conocimiento sobre seguridad informática y protección de datos, 9) el conocimientos especializados sobre actividades y procesos de fabricación, 10) la programación informática y habilidades de codificación, 11) los conocimientos especializados sobre tecnologías, 12) el conocimiento sobre ergonomía y comprensión de los asuntos jurídicos. Como competencias relacionadas con el factor humano y el manejo de emociones, Karre et al. [11] incluyen: administración del tiempo, adaptabilidad/habilidad para cambiar, habilidades de trabajo en equipo, habilidades sociales, habilidades de comunicación, confiar en las nuevas tecnologías, mejora continua y el aprendizaje permanente. Los sistemas de asistencia física y digital, los procesos de adquisición, conversión, interpretación, toma de decisiones, retroalimentación de datos, así como la perspectiva e integración de sistemas son otras áreas de competencia para el ingeniero industrial [10].

En el estudio realizado en cuatro de las principales universidades de Nuevo León, México, acerca de la relación entre el programa académico del ingeniero y los nueve pilares de la industria 4.0, Hernández-Muñoz et al. [12] encontró que para el caso del programa educativo en ingeniería industrial sus habilidades y competencias que se proponen en su programa educativo cubren los pilares de big data, IoT y simulación.

3. INTEGRACIÓN DE COMPETENCIAS PARA LA INDUSTRIA 4.0 AL MODELO CURRICULAR DEL INGENIERO INDUSTRIAL.

3.1 Modelo curricular

Sauza et al. [13] menciona que las universidades de todo el mundo están desarrollando estrategias para incluir en sus planes de estudio en las áreas de ingeniería los temas relacionados con la Industria 4.0, como sistemas cibernéticos, robótica, virtualización de procesos y herramientas avanzadas de tecnologías de la información.

De acuerdo a la propuesta de [1] para la identificación de competencias en el entorno de la industria 4.0 y que puede ser ubicadas en el modelo curricular del ingeniero industrial, se encuentran:

Competencias genéricas

- **Competencia de comunicación**

En esta competencia, el objetivo es desarrollar en el estudiante la capacidad de comunicación que le permita establecer vínculos con su entorno social, cultural, político y económico. En un entorno de CPS basado en ambientes virtuales esto implica el trabajo con equipos multilingües. Esta competencia de acuerdo a Onar et al. [14] se clasifica como de tipo social, y la integración de la parte social en los CPS se conoce como Cyber physical social systems (CPSS). Esta competencia corresponde también a las habilidades organizacionales, orientación de servicio e inteligencia emocional dentro de la clasificación de competencias suaves.

- **Competencia de formación**

De acuerdo al modelo educativo de esta universidad, en esta competencia se busca que el ingeniero industrial integre los contenidos de aprendizaje en diversas situaciones para la solución de problemas a través del empleo de estrategias centradas en el aprendizaje [15]. En el alcance de la industria 4.0 esta competencia corresponde a los aspectos metodológicos de solución de problemas, solución de conflictos y aprendizaje permanente.

- **Competencia de pensamiento crítico**

En esta competencia el ingeniero aplica el pensamiento crítico y autocrítico para identificar, plantear y resolver problemas por medio de los procesos de abstracción, análisis y síntesis [15]. En el contexto de la industria 4.0 esta competencia corresponde a los aspectos metodológicos que incluye el desarrollo de habilidades analíticas y de investigación.

- **Competencia de creatividad**

Esta competencia busca aplicar la creatividad para detectar, formular y solucionar problemas de forma original e innovadora, a través de la integración de contenidos y mediante el uso de estrategias didácticas que generen el pensamiento divergente, investigativo, cooperativo, e innovador. Esta competencia corresponde a las habilidades suaves de innovación, creatividad y pensamiento crítico.

- **Competencia de liderazgo colaborativo**

De acuerdo al modelo educativo de la Universidad en esta competencia se busca que el ingeniero industrial aplique el liderazgo colaborativo para identificar y desarrollar ideas y/o proyectos del campo profesional y social por medio de los procesos de planificación y toma de decisiones, asegurando el trabajo en equipo, la motivación y la conducción hacia metas comunes [15]. Esta competencia suave se relaciona con las habilidades de liderazgo, el trabajo en entornos interdisciplinarios y la capacidad de presentación y comunicación.

- **Competencia de ciudadanía**

En esta competencia se busca que el ingeniero se conduzca ante los distintos colectivos de acuerdo con los principios generales de respeto a la diversidad cultural con responsabilidad social y compromiso ciudadano [15]. Esta corresponde a temas de responsabilidad social dentro las competencias personales sugeridas por [14], además forma parte de las competencias suaves de liderazgo y orientación de servicio.

- **Competencia de uso de la tecnología**

Esta competencia promueve el aplicar las tecnologías de la información y la comunicación como herramienta de apoyo para la solución de problemas del campo profesional y social a través del uso apropiado de recursos y metodologías para el desarrollo del aprendizaje, la comunicación, la formación disciplinar y la investigación. Esta corresponde a una competencia dura, sin embargo el modelo educativo de esta universidad no indica específicamente que tecnología aborda dentro del contexto de la industria 4.0.

3. CONCLUSIONES.

Podemos concluir que de acuerdo a Sackey et al. [10] las nuevas capacidades requeridas por los ingenieros industriales en la industria 4.0 son en áreas como: análisis avanzado, nuevas interfaces hombre-máquina, tecnologías de transferencia digital a física y comunicación y redes de datos. Otras tecnologías y métodos como los Sistemas de Posicionamiento Global (GIS), la Identificación por Radiofrecuencia (RFID), los Sistemas de Planeación de Recursos Empresariales (ERP), la consigna electrónica, el computo en la nube la realidad aumentada y los sistemas logísticos autónomos son otros ejemplos de demandas específicas de la industria 4.0 [16], que afectan a la formación y competencias del ingeniero industrial.

4. REFERENCIAS.

[1] Gonzalez-Hernandez, I y Granillo-Macias R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la industria 4.0. Revista electrónica de investigación educativa. 22. 1-14.

[2] Sackey, S.M & Bester, A. (2016). Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African Context. 27(4), 101-114.

[3] Deloitte (2018). La paradoja de la Industria 4.0. Superar las desconexiones en el camino hacia la transformación digital. Galaz, Yamazaki, Ruiz Urquiza.

[4] Garces, Gonzalo y Peña, Camilo. (2020). Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. Revista de Estudios y Experiencias en Educación. 19(40), 129-148.

[5] Zlatkin-Troitschanskaia, O., Pant, H. A., Lautenbach, C., Molerov, D., Toepper, M., & Brückner, S. (2017). Modeling and Measuring Competencies in Higher Education: Approaches to Challenges in Higher Education Policy and Practice. Springer VS, Wiesbaden.

[6] Carracedo, F. S., Soler, A., Martín, C., López, D., Ageno, A., Cabré, J., ... Gibert, K. (2018). Competency Maps: an Effective Model to Integrate Professional Competencies Across a STEM Curriculum. Journal of Science Education and Technology, 27(5), 448–468.

[7] Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krcmar, H. (2017). A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees. In J. M. Leimeister & W. Brenner (Eds.), 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik (pp. 46–60)

[8] Fan, D. (2017). Competence-based Education in China’s Higher TVET: The Case of Shenzhen Polytechnic. In M. Mulder (Ed.), Competence-based Vocational and Professional Education (pp. 429–448). Springer International Publishing.

[9] Motyl, B., Baronio, G., Uberti S., Speranza, D., & Filippi, S. (2017). How will change the future engineers’ skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. Procedia Manufacturing. 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017.

[10] Sackey, S.M., Bester, A., & Adams, D. (2017). Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in South Africa. South African Journal of Industrial Engineering. 18 (1), 114-124.

[11] Karre, H., Hammer, M., Kleindienst, M., & Ramsauer, C. (2017). Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology. In Procedia Manufacturing: 7th Conference on Learning Factories, CLF 2017 (Vol. 9, pp. 206–213). The Author(s).

- [12] Hernandez-Muñoz, G.M., Habid-Mireles, L., Garcia-Castillo, F.A., & Montemayor-Ibarra, F. (2018). Industry 4.0 and Engineering Education: An Analysis of Nine Technological Pillars Inclusion in Higher Educational Curriculum. In *Best Practices in Manufacturing Processes – Experiences from Latin America*. Garcia-Alcaraz, J.L., Cadavid-Rivera, L., Gonzalez-Ramirez, R.G., Leal-Jamil, George & Chong-Chong., M.G. Editors. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99190-0>
- [13] Sauza, J. B., D'Antonio, G., & Chiaberta, P. (2017). A novel approach for teaching IT tools within Learning Factories. In *Procedia Manufacturing* (Vol. 9, pp. 175–181).
- [14] Onar, S. C., Ustundag, A., Kadaifci, Ç. K., & Oztaysi, B. (2018). The Changing Role of Engineering Education in Industry 4.0 Era. In A. Ustundag & E. Cevikcan (Eds.), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (pp. 137–151). Springer Series in Advanced Manufacturing.
- [15] Modelo UAEH (2015). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en https://www.uaeh.edu.mx/modelo_educativo/, consultado el 14/12/2020.
- [16] Coşkun, S., Kayikci, Y., & Gencay, E. (2016). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 vision. 16th Production Research Symposium.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Escuela Superior de Ciudad Sahagún por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

Proyecto final de ingeniería industrial: descripción, proceso y análisis de la tributación de competencias específicas

Gómez, Daniela*; Guzmán, Eliseo; Stagnitta, Verónica; Toscano, Julieta

*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario
danielag@fceia.unr.edu.ar, eguzman@fceia.unr.edu.ar, vstag@fceia.unr.edu.ar,
jtoscano@fceia.unr.edu.ar*

RESUMEN

Los cambios constantes en la gestión de la información, las innovaciones en la tecnología y en el ámbito laboral, requieren de profesionales flexibles, con capacidad de aprender en forma continua, trabajar en equipo, pensar analíticamente, plantear y resolver problemas complejos. El trabajo presentado se enmarca dentro del Proyecto de Investigación denominado “En la búsqueda de estrategias para la transformación de la educación superior en Ingeniería Industrial”. En este trabajo se describe el proceso que sigue la cátedra de Proyecto de Ingeniería de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Además, y siguiendo un enfoque metodológico empírico y exploratorio, se describe un relevamiento de una muestra significativa de Proyectos Finales, donde se analizan las competencias específicas de egreso. Lo mencionado sirve de información de entrada para reflexionar y adecuar aquello que fuera necesario transformar y resignificar, favoreciendo “el saber hacer” y el “saber ser” en los estudiantes de Ingeniería Industrial.

Palabras Claves: competencias, proyectos finales

ABSTRACT

Constant changes in information management, technology innovations and in the labor sphere, require flexible professionals with the ability to learn continuously, work as a team, think analytically, pose and solve complex problems. The paper presented is part of the Research Project called "In search of strategies for the transformation of higher education in Industrial Engineering". This paper describes the process followed by the Industrial Engineering Project professorship of the Faculty of Exact Sciences, Engineering and Land Surveying of the National University of Rosario. In addition, and following an empirical and exploratory methodological approach, a survey of a significant sample of Final Projects is described, where specific graduation competencies are analyzed. The aforementioned serves as input information to reflect and adapt what is necessary to transform and re-signify, favoring the "know-how" and the "knowing how to be" in Industrial Engineering students.

Keywords: competencies, final projects

1. INTRODUCCIÓN

El espacio curricular Proyecto de Ingeniería permite a los alumnos el desarrollo, la presentación, la evaluación y el registro de la última actividad académica, garantizando los niveles de excelencia que mantiene la Facultad.

El objetivo de este trabajo es describir la metodología de dicho espacio curricular y, en función de la información que aporta una muestra de Proyectos Finales, reflexionar sobre la tributación que tienen los mismos sobre las competencias específicas de egreso. De ese modo, poder realizar cambios en los puntos débiles y fortalecer los aspectos positivos que emanan de dicha reflexión, como así también trabajar para que los alumnos tengan la oportunidad de adquirir todas las competencias específicas al realizar su Proyecto Final.

En primer lugar, se explicita cómo se desarrollan los Proyectos Finales, sus pasos, condiciones, y los actores involucrados para lograr el producto final que será el proyecto aprobado. Luego se describe un relevamiento efectuado a un grupo de Proyectos Finales y un análisis de la tributación a las competencias de egreso específicas.

2. DESARROLLO

2.1 Descripción de las características y funcionamiento del espacio curricular

El Proyecto de Ingeniería es un trabajo académico integrador y puede consistir en la realización de un proyecto de ingeniería (o parte de él si fuera muy extenso), en el estudio de un problema de ingeniería y/o en el desarrollo y/o profundización de un tema teórico - práctico específico [1]. En el desarrollo del proyecto, los alumnos deben demostrar su iniciativa, creatividad, espíritu crítico, capacidad de investigación y criterio de selección técnico - económico. En el afán de promover y desarrollar el trabajo en equipo, el proyecto se desarrolla por dos alumnos.

La Figura 1 muestra el proceso que se debe llevar a cabo para que los alumnos puedan comenzar a realizar el Proyecto Final.

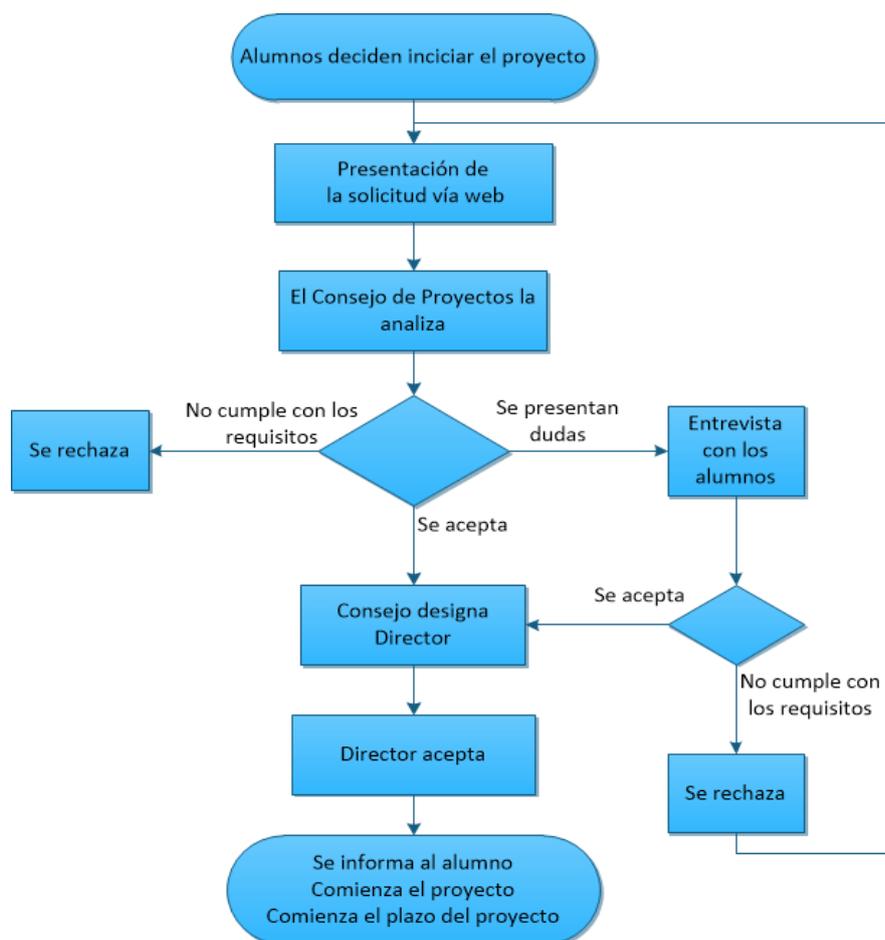


Figura 1 - Pasos para la aprobación del Anteproyecto. Fuente: elaboración propia.

Actualmente, la cátedra está compuesta por dos docentes: un Profesor Adjunto y un Jefe de Trabajos Prácticos, cuyas principales responsabilidades son:

- Instruir y aconsejar a los alumnos para que preparen su Proyecto de Ingeniería en cumplimiento de los requerimientos y reglamentos.
- Trabajar coordinadamente con la Secretaría Académica de la Escuela de Ingeniería Industrial a todos los efectos relacionados con los Proyectos de Ingeniería.
- Hacer efectivas las decisiones del Consejo de Proyectos (órgano integrado por docentes elegidos por los Directores de Proyectos), mediante las correspondientes acciones y/o comunicaciones a los involucrados.
- Plantear o informar al Consejo de Proyectos todos aquellos casos que requieran de su decisión o conocimiento.
- Alertar a los involucrados cuando se aproximan vencimientos a los plazos estipulados en las diferentes etapas del desarrollo del Proyecto.
- Mantener actualizados los registros de la Cátedra.

Para que los alumnos puedan comenzar esta actividad académica deben tener el 80% de las materias aprobadas y todas las asignaturas del área o áreas involucradas en el Proyecto.

Para ello, mensualmente, se habilita la inscripción a la materia, del 1 al 5 de cada mes, de Marzo a Noviembre. Durante el mes que se inscriben, los alumnos deben participar de una actividad denominada Seminario, donde se les ofrece el material de la Cátedra y se evalúan las actividades de lectura y prácticas realizadas, ordenadas en unidades como se detalla a continuación:

Unidad 1- El Proyecto de Ingeniería. Introducción: aspectos formales, reglamentarios y procedimentales de la actividad.

Unidad 2- Definición y desarrollo del Proyecto de Ingeniería: metodología para preparar la presentación de la Solicitud del Proyecto de Ingeniería y lineamientos para estructurar y organizar las tareas para llevar adelante el proyecto.

Unidad 3 - El informe escrito: lineamientos básicos preliminares sobre cómo realizar el entregable final.

Unidad 4 - Responsabilidad personal y profesional: Instancia de lectura y reflexión respecto de la actitud social y responsable frente a los mal llamados festejos de graduación.

Durante el mes siguiente, también del 1 al 5 de cada mes, los alumnos pueden realizar la presentación oficial de la Solicitud de Proyecto de Ingeniería. En dicho documento, además de brindar sus datos personales, deben presentar:

- Detalle de las asignaturas que a cada alumno le faltan aprobar para completar la carrera.
- Título del Proyecto.
- Empresa vinculada (si aplica).
- Objetivos del trabajo.
- Fundamentos de la elección.
- La actividad reservada para el título de Ingeniero Industrial que más se ajuste a la temática del Proyecto.
- Etapas de desarrollo y cronograma tentativo.
- Fuentes de información preliminares.
- Docentes consultados sobre el tema elegido y el desarrollo del Proyecto.
- Asesores Técnicos, si corresponde.
- Comentarios adicionales.

Las solicitudes recibidas son revisadas mensualmente por el Consejo de Proyectos. El mandato de este Consejo será de dos años y es el Director de la Escuela quien convoca para su renovación. En caso de dimisión de alguno de sus integrantes se elegirá el reemplazante con igual procedimiento.

Luego de analizar las solicitudes, de considerarse aprobadas, designan un Director para cada Proyecto. En caso de corresponder, se asigna también un Co-Director y/o Asesor Técnico. En caso de que el Consejo tenga dudas respecto de la solicitud, se cita a los alumnos para realizarles una entrevista. En la misma se profundiza respecto de la temática y objetivos plasmados y se acuerda de manera conjunta las oportunidades de mejora. Luego, los alumnos deben realizar las modificaciones y enviar la versión corregida de la solicitud para poder continuar avanzando en el proceso del Proyecto de Ingeniería.

Si la solicitud es rechazada, los alumnos son comunicados y se los invita a presentar una nueva solicitud en el mes siguiente.

La Cátedra controla el avance de todos los Proyectos mediante un Registro de Proyectos de Ingeniería, que se completa en la medida que se reciben las solicitudes de los alumnos. Dicho registro posee la siguiente información:

- Número de orden del Proyecto (correlativo y ordenado por año).
- Fecha de presentación del formulario.
- Nombre, Apellido y Número de Legajo de los alumnos.
- Datos de contacto
- Materias que faltan aprobar.
- Título del Proyecto.
- Copia de la solicitud de inicio del Proyecto
- Fecha de aceptación del Consejo.
- Nombre del Director.
- Fecha máxima y fecha real de la entrega preliminar del Proyecto.
- Fecha de designación de la Comisión Evaluadora por el Consejo de Proyectos.
- Nombres de los miembros de la Comisión Evaluadora.
- Fecha de la presentación oral y pública.
- Calificación obtenida.

A partir de la aprobación del tema y designación del Director por parte del Consejo de Proyectos, los alumnos disponen de un plazo de 6 meses para presentar, con el acuerdo del Director, el trabajo terminado para su evaluación. Cualquier postergación debe ser solicitada y fundamentada por escrito al Consejo de Proyectos, a través de la Cátedra Proyecto de Ingeniería, quién resuelve al respecto.

El Director asume la tarea de prestar apoyo, orientación y estímulo al alumno para el desarrollo del trabajo que debe realizar. Su función es observar que se cumplan los requerimientos académicos del Proyecto y los formales de su presentación, así como formular sugerencias de cualquier índole para el adecuado desarrollo del trabajo y su confección definitiva.

Durante los 6 meses de ejecución del proyecto, los alumnos tienen que realizar como mínimo 4 reuniones con el Director, el Co Director y el Asesor Técnico, éstos dos últimos si los hubiere, y dejar registrados dichos encuentros en un documento que luego se presenta junto a la entrega del Proyecto Final.

Cuando el Proyecto está finalizado para ser evaluado, los alumnos deben subirlo a la web de la asignatura, para que la Cátedra lo reciba y, junto al Consejo de Proyectos, se asigne la Comisión Evaluadora, tal como se muestra en la Figura 2. La misma está constituida por el Director y dos docentes de la Facultad designados por el Consejo de Proyectos, de acuerdo a las temáticas abordadas en el trabajo.

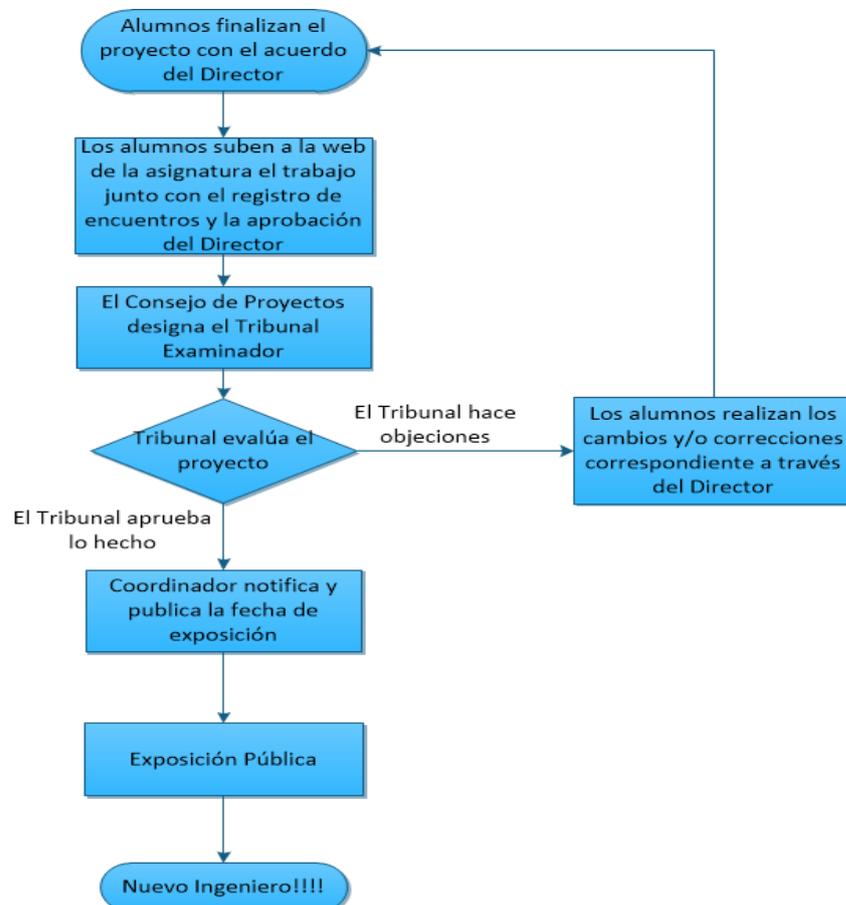


Figura 2 - Evaluación del Proyecto de Ingeniería. Fuente: elaboración propia.

La Comisión Evaluadora tiene por misión evaluar el Proyecto teniendo en cuenta, como mínimo, los siguientes criterios:

- Originalidad del tema
- Claridad conceptual
- Metodología
- Coherencia en el trabajo
- Fundamentación de las conclusiones
- Calidad en la redacción y facilidad de lectura
- Calidad de la bibliografía
- Presentación formal.
- Presentación oral y pública

Esta evaluación debe ser realizada, de no mediar inconvenientes, en un plazo de 15 días corridos a partir de la notificación de la designación a través de un formulario Google. Los criterios de evaluación mencionados anteriormente son ponderados y cuantificados por los Evaluadores y el Director para obtener la nota final tentativa del trabajo. La nota final se define luego de la exposición oral del Proyecto.

En el caso de que la Comisión Evaluadora no apruebe el Proyecto, éste le será devuelto a los alumnos a través del Director, con indicación de los aspectos objetados. El tiempo máximo que disponen los alumnos para la corrección será de 15 días corridos, salvo caso debidamente justificado.

Cuando el Proyecto está aprobado por la Comisión Evaluadora se coordina la fecha para la exposición oral y pública del mismo (la exposición debe ser la última actividad académica de los alumnos). Dicha actividad se realiza entre los meses de Marzo a Noviembre de cada año. La exposición se realiza con presencia de la Comisión Evaluadora y el Director, habilitando al final de la misma un espacio de preguntas a los alumnos. Debido a la situación actual de pandemia, las exposiciones se realizan de manera virtual.

Cabe aclarar que la cátedra ofrece documentos de lectura y uso obligatorio para los alumnos. Los mismos son:

- Reglamento Proyecto – TEXTO
- Reglamento Proyecto – Anexo 1 – Solicitud para la realización del Proyecto de Ingeniería.
- Reglamento Proyecto – Anexo 3 - Pautas Metodológicas.
- Solicitud de Proyectos – Instructivo.
- Pautas formales para la presentación del Proyecto de Ingeniería.
- Modelo de portada para los Proyectos de Ingeniería Industrial.
- Criterios de evaluación del Proyecto de Ingeniería Industrial.
- Seguimiento de reuniones con el Director

Adicionalmente, el espacio curricular Proyecto de Ingeniería cuenta con un sitio web³ con toda la información referida a la Cátedra, donde se muestra:

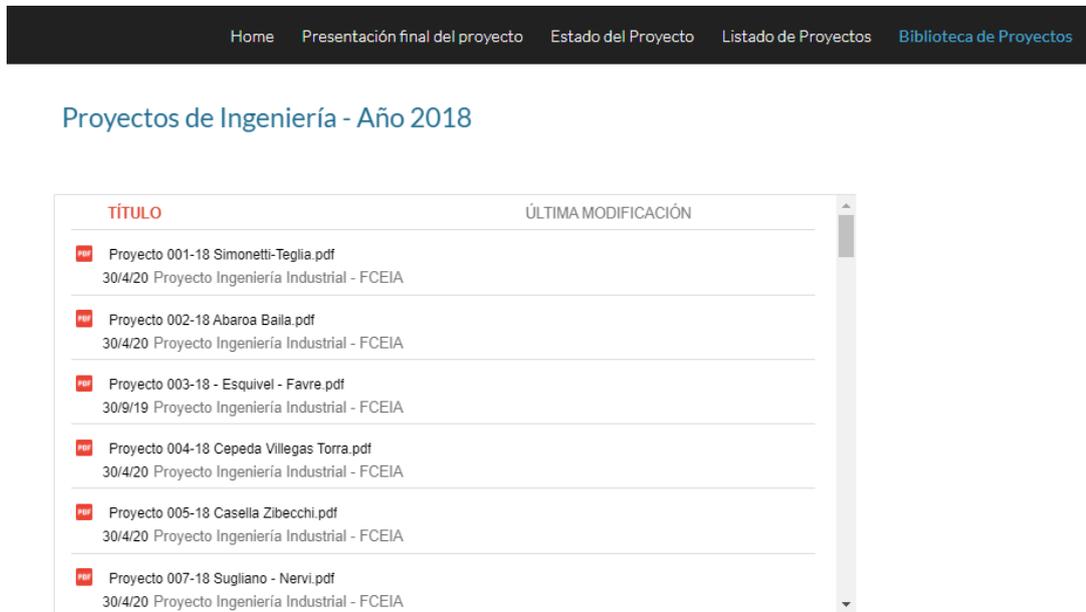
- Propósito del Proyecto de Ingeniería.
- Objetivos de la Actividad.
- Condiciones para comenzar el Proyecto.
- Solicitud para comenzar el proyecto.
- Calendario de las próximas exposiciones orales y públicas.
- Documentos de lectura obligatoria de la actividad.
- Instrucciones para realizar la presentación final del Proyecto de Ingeniería.
- Estado de los Proyectos: donde se visualiza para cada Proyecto en curso las fechas críticas y el estado (en curso, en comisión evaluadora, en consejo de proyectos, en espera de director, en espera de alumnos).
- Listado de Proyectos: títulos, alumnos y directores de los proyectos desde el año 2005.
- Biblioteca de Proyectos: Base de Datos con los Proyectos en formato pdf desde el año 2014.
- Búsqueda de Compañeros: para conectar personas para realizar el Proyecto de Ingeniería.
- Estadísticas: información estadística histórica y actual de los Proyectos.

³ <https://bit.ly/PIIFCEIA>

Figura 3 -Home Page Web. Fuente: <https://bit.ly/PIIFCEIA>

Estado de Proyectos : Estado de Proyectos					
N° Proyecto	Fecha de actualización:		6/09/2021		
	Alumnos	Fecha inicio Proyecto	Fecha limite de entrega	Entrega preliminar	Estado
050-20	Cali Bottacini	5 de agosto de 2020	3 de marzo de 2021	16 de junio de 2021	Comisión Evaluadora
057-20	Garello Pecorari	28 de octubre de 2020	26 de mayo de 2021	26 de mayo de 2021	Comisión Evaluadora
060-20	Menescadi Safranchik	15 de febrero de 2021	14 de agosto de 2021	27 de agosto de 2021	Comisión Evaluadora
067-20	Cancellieri Gottig	15 de febrero de 2021	14 de agosto de 2021	15 de agosto de 2021	Comisión Evaluadora
069-20	Maggiolini Mangiaterra	12 de febrero de 2021	11 de agosto de 2021	12 de agosto de 2021	Comisión Evaluadora
071-20	Baeck Stocco	23 de marzo de 2021	19 de septiembre de 2021		En Curso
001-21	Donnet Vazquez	22 de marzo de 2021	18 de septiembre de 2021		En Curso
006-21	Cordisco Rodriguez	31 de mayo de 2021	27 de noviembre de 2021		En Curso
007-21	Eberlein Tonello	10 de mayo de 2021	6 de noviembre de 2021		En Curso
008-21	Testatonda Marzoratti	28 de abril de 2021	25 de octubre de 2021		En Curso
009-21	Demestri Iannotti	21 de mayo de 2021	17 de noviembre de 2021		En Curso
010-21	Campagnaro Godoy Massaro	30 de julio de 2021	25 de febrero de 2022		En Curso
011-21	Viarengo Krause	28 de abril de 2021	25 de octubre de 2021		En Curso
012-21	Culasso Romiti Martin	21 de mayo de 2021	17 de noviembre de 2021		En Curso
013-21	Carbone López Anido	5 de mayo de 2021	1 de noviembre de 2021		En Curso
014-21	Iwanowski Navarro	1 de junio de 2021	28 de noviembre de 2021		En Curso
015-21	Orlando Piancatelli	30 de julio de 2021	25 de febrero de 2022		En Curso
016-21	Bidegorry Cinto	26 de mayo de 2021	22 de noviembre de 2021		En Curso

Figura 4 -Estado del desarrollo de los proyectos. Fuente: <https://bit.ly/PIIFCEIA>



Proyectos de Ingeniería - Año 2019

Figura 5 -Biblioteca de proyectos. Fuente: <https://bit.ly/PIIFCEIA>

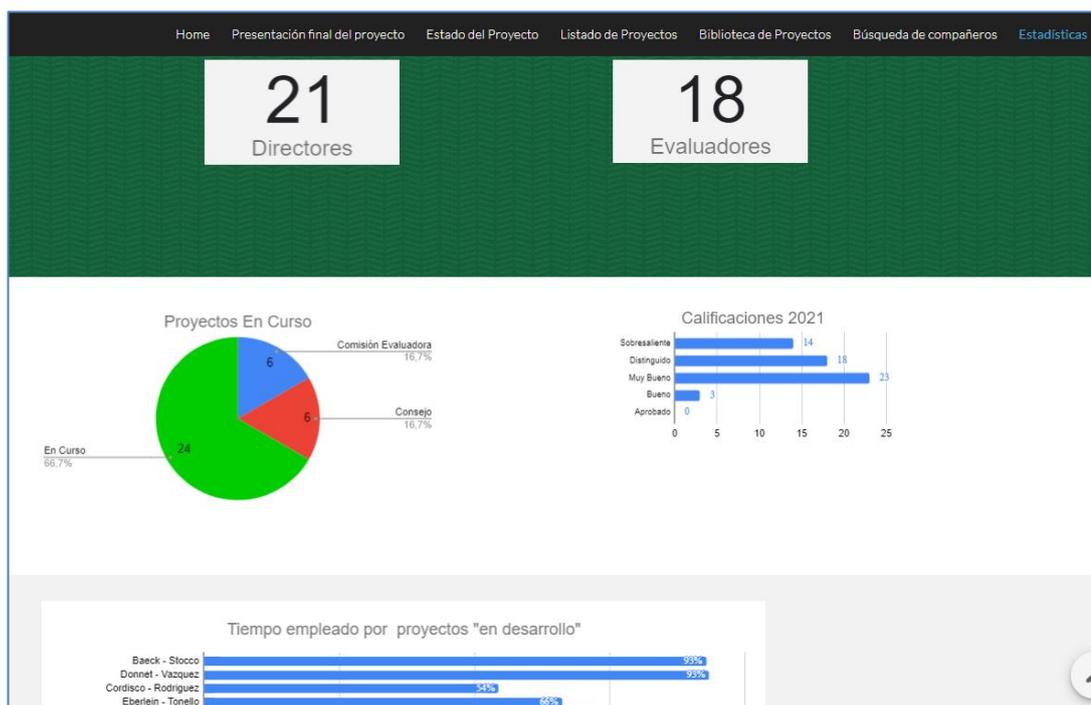


Figura 6 -Estadísticas. Fuente: <https://bit.ly/PIIFCEIA>

1.2 Análisis de las competencias específicas de egreso

Para realizar este análisis, se tiene como eje central las competencias específicas aprobadas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) que figuran en el “Libro Rojo” [2], como también la Res. 1254/18 del Ministerio de Educación que introdujo cambios en las actividades reservadas [3] y la Res.1543/21 [4] sobre estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería Industrial.

Según Tobón [5], las competencias “son los saberes requeridos para que la persona pueda lograr los resultados descritos en cada uno de los criterios de desempeño, los cuales se clasifican en saber ser, saber conocer y saber hacer”. Además, se deben formar ingenieros útiles para la

sociedad, en donde no sea suficiente el saber por el saber mismo, sino que sepa qué hacer con el bagaje de conocimientos que adquirió en todo su paso por la carrera [6].

Por otro lado, Mastaché [7] expresa que “las competencias permiten que las personas resuelvan problemas y realicen actividades propias de su contexto profesional para cumplir con los objetivos o niveles preestablecidos, teniendo en cuenta la complejidad de la situación y los valores y criterios profesionales adecuados, mediante la articulación de todos los saberes requeridos”.

Concretamente, las competencias específicas se deben definir como fundamentos para el ejercicio profesional y no solo como actividades [8]. Por esta razón, el equipo de trabajo comenzó analizando las competencias específicas de Ingeniería Industrial que se evidenciaban en los Proyectos de Ingeniería.

Para ello, se realizó un relevamiento de una muestra de 73 Proyectos desarrollados en los años 2018 y 2019, a fin de identificar la tributación de las competencias específicas de la Carrera de Ingeniería Industrial en cada uno de los trabajos. Cabe destacar que este análisis es el comienzo de otro mayor que incluirán también a las competencias genéricas, tanto tecnológicas, como políticas, sociales y actitudinales.

Mediante la lectura de los Proyectos se indagó en forma exploratoria para identificar cuáles de las competencias específicas del ingeniero industrial quedaban evidenciadas en cada uno. Si bien todos los Proyectos Finales tributan en mayor o menor medida a la mayoría de las competencias específicas, se puede vislumbrar que algunas de ellas están más representadas en los diferentes trabajos. En función de la lectura de los Proyectos, y haciendo especial énfasis en el título, prólogo, objetivos, síntesis y conclusiones, se infiere para cada uno cuáles fueron las competencias específicas que dominaban. Este trabajo fue realizado de a pares de integrantes del grupo de investigación y luego se divulgó el análisis al resto del equipo para detectar posibles errores o diferencias de opinión y unificar criterios de categorización. En la Figura 7 se muestra, a modo de ejemplo, una matriz donde se iban identificando las competencias específicas que se vislumbraban en la lectura y análisis de cada uno de los Proyectos Finales.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
			1. Diseñar, proyectar y planificar operaciones, procesos e instalaciones para la obtención de bienes industrializados.	2. Dirigir y/o controlar las operaciones y el mantenimiento de lo anteriormente mencionado.	3. Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo	4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad y control del impacto ambiental en lo concerniente a su				
PROYECTO	SECCIÓN	COMPETENCIA ESPECÍFICA	1.1. Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos	1.2. Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de	1.3. Formular y evaluar proyectos públicos y privados de desarrollo.	2.1. Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y	2.2. Evaluar la sustentabilidad técnico-económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y	3.1. Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y	4.1. Proyectar, dirigir y gestionar las condiciones de higiene y seguridad en las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la	4.2. Gestionar y controlar el impacto ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la
1		ACTIVIDAD RESERVADA								
2										
75	Objetivos	materiales.								
76	Conclusiones	metodología 5S en el predio, con un objetivo de mejora								
77	Título	caños de aceros y perfiles a medida								
78	Síntesis Inicial	y perfiles, y evaluar el proyecto de inversión correspondiente.	X	X	X			X		
79	Conclusiones	localidad de Armstrong, esencialmente por la cercanía a los								
80	Título	tornillos sin fin, aplicables en el transporte de materiales								
81	Síntesis Inicial	tornillos sin fin, aprovechando la experiencia en el rubro	X	X	X					
82	Conclusiones	análisis realizados, podemos concluir que el proyecto								
83	Título	“Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera para								
84	Objetivos	determinar la factibilidad técnica, económica y financiera para	X	X	X					X
85	Conclusiones	Se verifica que si bien el proyecto es rentable, cuenta con un								
86	Título	“Mejora en el nivel de servicio de un sistema de abastecimier								
87	Prólogo	La idea de este proyecto surge de la observación en campo de				X	X		X	
88	Conclusiones	múltiples herramientas estudiadas en nuestra carrera para								

Figura 7: Identificación de las competencias específicas en una muestra de Proyectos Finales.
Fuente: elaboración propia

De ese modo, se pudo identificar el porcentaje de Proyectos que tributan ampliamente a cada competencia específica. Esto se muestra en la Figura 8. A modo de facilitar la interpretación y el diseño de la misma, se enuncian las competencias específicas con la misma numeración que se detalla en el Libro Rojo:

- 1.1 Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- 1.2 Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- 1.3 Formular y evaluar proyectos públicos y privados de desarrollo.
- 2.1 Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- 2.2 Evaluar la sustentabilidad técnico-económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

3.1 Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

4.1 Proyectar, dirigir y gestionar las condiciones de higiene y seguridad en las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

4.2 Gestionar y controlar el impacto ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

Al considerar que en cada Proyecto se puede aplicar más de una competencia, la suma de los porcentajes excede el 100%.

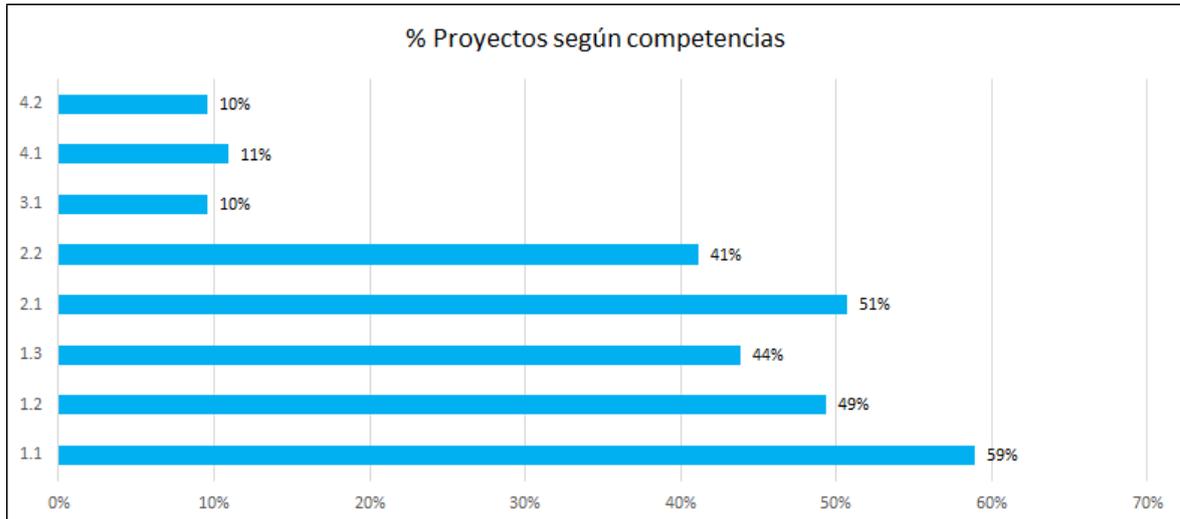


Figura 8: Porcentajes de tributación de las competencias específicas en una muestra de Proyectos Finales.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Figura 8, dentro de la muestra de Proyectos que se utilizó para realizar este relevamiento, las competencias que más se evidencian son las asociadas a:

- Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios), diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

Por otro lado, puede reflexionar que las siguientes competencias no están tan presentes en la muestra analizada:

- Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- Proyectar, dirigir y gestionar las condiciones de higiene y seguridad en las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- Gestionar y controlar el impacto ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

Un primer análisis lleva a la cátedra a repensar cómo recomendar a los alumnos que al momento de presentar el Anteproyecto el mismo pueda abarcar en forma más amplia las competencias específicas que no surgen en forma natural del mismo.

Cabe destacar que se invitó a los graduados que realizaron estos 73 trabajos a que completaran una encuesta para relevar información respecto del proceso de realización del mismo. El análisis de estas encuestas figura en un trabajo realizado por el equipo de investigación [9]. Uno de los objetivos de la misma se enfocaba sobre la percepción que los graduados tuvieron sobre qué competencias específicas percibieron que fueron desarrolladas en el transcurso de la realización del Proyecto Final. Queda como propuesta para un futuro próximo realizar una comparación entre las competencias percibidas por los autores de los Proyectos y las analizadas por este equipo.

3. CONCLUSIONES.

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario tiene un fuerte compromiso con la generación de profesionales altamente competitivos y con fuerte inserción en el mundo laboral actual. Es por esto, que es de gran importancia realizar un relevamiento de la última actividad curricular del alumno.

De este primer análisis, subyace que para que el egresado salga de la Universidad con todas las competencias específicas desarrolladas en su quehacer laboral, se debe incorporar en el Anteproyecto todo el listado de competencias específicas para que el mismo alumno (con el apoyo del Consejo de Proyectos) sea consciente de cuáles son las que va a abarcar en el Trabajo Final y que vislumbre en qué niveles tributará a las mismas.

Por otra parte, queda como próxima actividad, realizar la comparación entre el análisis realizado por el equipo de investigación y la percepción que los mismos autores de los Proyectos Finales de la muestra anteriormente citada, tuvieron en cuanto a las competencias adquiridas.

La actividad curricular de Proyectos Finales no puede ser analizada sola, sino que se debe examinar qué sucede con las competencias en las asignaturas de toda la carrera. El trabajo que está desarrollando el equipo sirve como insumo para evaluar cómo se tributan las competencias en el resto de los espacios curriculares. Esta actividad se está realizando dentro del marco de la migración del Plan de Estudios actual a un Plan de Estudios basado en competencias y centrado en el estudiante.

4. REFERENCIAS.

- [1] Morán, R. (2000) Pautas metodológicas para la realización de Trabajos Finales. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.
- [2] CONFEDI (2018) Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina “LIBRO ROJO DE CONFEDI”.
- [3] MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2018). Resolución 1254. Actividades Profesionales reservadas al título de Ingeniero Industrial. Buenos Aires, Argentina.
- [4] MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2021). Resolución 1543. Estándares para la Acreditación - Ingeniero Industrial Anexo IV. Buenos Aires, Argentina.
- [5] Tobón Tobón, S. (2013). Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica (Segunda ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
- [6] Kowalski, V.; Morano, D.; Erck, I; Enriquez, H: (2021). Aspectos conceptuales básicos para un Diseño Curricular orientado a un Modelo de Formación por Competencias y Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Editor: Kowalski, Victor
- [7] Mastache, A. (2007). “Formar personas competentes: Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales “. Noveduc.
- [8] Giordano Larena, R.; Recabarren, P. (2020). Del Libro Rojo a los estándares de segunda generación en ingeniería. Revista RADI – Revista Argentina de Ingeniería. Vol 15. ISSN: 2314-0925
- [9] Cerrano, M. Olmos, M; Bergonzi, M. (2021). Relevamiento y reflexiones sobre competencias en proyectos finales de ingeniería industrial, trabajo aceptado para presentación en - 11° Congreso Argentino de Enseñanza en la Ingeniería (CAEDI) a realizarse del 5 al 7 de Octubre de 2021 en plataforma virtual.

De la presencialidad a la virtualidad: accesibilidad académica y recursos didácticos en tiempos de pandemia.

Casco, Eva; Tibaldo, Aldana; Tomatis, María Sol; Durunda, Romina; Giménez Uribe, Alfonso

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
ecasco@frsf.utn.edu.ar astibaldo@frsf.utn.edu.ar stomatis@frsf.utn.edu.ar
rdurunda@frsf.utn.edu.ar, agimenezuribe@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

A nivel mundial, la pandemia del COVID-19 produjo grandes cambios en la sociedad. El aislamiento social condujo al uso de la inevitable virtualidad y, asimismo, las personas, los ambientes y las condiciones laborales tuvieron que reinventarse. En el ámbito educativo superior, esta realidad no fue diferente, y nuevos desafíos, como lograr la accesibilidad académica para todos los estudiantes, debieron considerarse en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Los estudiantes al momento de ingresar a la universidad se encuentran ante situaciones no vividas que los lleva a superar obstáculos y dificultades, les exige establecer relaciones y vínculos, adquirir hábitos de estudio y aprender nuevos conocimientos, pero en este momento estas condiciones se ven acentuadas por la virtualidad. Este escenario no es ajeno a los profesores que debieron encontrar estrategias didácticas que propicien el aprendizaje de los tópicos medulares y desarrollen e incentiven el uso de capacidades y habilidades a través de TICs.

En este trabajo se presentan las acciones que favorecieron la accesibilidad y que, mediante el uso de estrategias didácticas y la gestión del aprendizaje, con la utilización de los recursos tecnológicos permitieron acceder, compartir y afianzar los contenidos de la asignatura Análisis Matemático I. Esto favoreció a los alumnos, pues motivados pudieron alcanzar la aprobación de la cursada logrando sus objetivos e implementando por parte de los docentes, formas de educar innovadoras y adecuadas a las nuevas generaciones dando respuesta a las condiciones de contexto y contribuyendo a su vez, a la permanencia de los estudiantes en la carrera de ingeniería.

Palabras Claves: Accesibilidad, virtualidad, recursos didácticos, competencias.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

The COVID-19 pandemic brought major changes in society all around the world. Social isolation led to the inevitable use of virtuality, and people, environments and working conditions had to be reinvented. In higher education, this scenario was no different, and new challenges, such as achieving academic accessibility for all students, had to be considered in teaching-learning process.

When students enter university, they are faced with situations they have never experienced before, which lead them to overcome obstacles and difficulties, require them to establish relationships and links, acquire study habits, and learn new knowledge, but at this time these situations are accentuated by virtuality. This scenario is not alien to teachers who have had to find didactic strategies that promote the learning of core topics and develop and encourage the use of skills and abilities through TICs.

This paper presents the actions that favored accessibility and that, using didactic strategies and learning management, with the use of technological resources, allowed accessing, sharing, and strengthening the contents of the subject Mathematical Analysis I. This favored the students since they were motivated and were able to pass the course, achieving their objectives and implementing, on the part of the teachers, innovative and adequate ways of educating the new generations, responding to the context conditions, and contributing, in turn, to the permanence of the students in the engineering career.

Keywords: Accessibility, virtuality, learning resources, skills.

1. INTRODUCCIÓN

La emergencia sanitaria, frente a la pandemia del COVID-19, produjo un cambio de escenario para toda la comunidad educativa. Las condiciones sociales, familiares y educativas cambiaron en el 2020; los alumnos se encontraron, al momento de ingresar a la Facultad, ante situaciones no conocidas, que requieren ciertas competencias para adquirir independencia, superar obstáculos, propiciar relaciones, lograr hábitos de estudio, entre otras. Es importante destacar que las van desarrollando al recorrer el ciclo básico de las ingenierías. La realidad de los últimos dos años reveló que, a las situaciones presentadas comúnmente por los estudiantes se le sumaron las dificultades de accesibilidad, truncando el proceso de enseñanza aprendizaje pues impactan negativamente en el seguimiento de los contenidos, llevando a algunos estudiantes a abandonar el cursado.

Laitano [1] define la accesibilidad académica como una cualidad o un conjunto de características que garantizan el derecho a la educación, valorando la diversidad y la plena participación de las personas, suprimiendo las barreras de índole físico y comunicacional, actitudinal o simbólicas y metodológicas que se ponen de manifiesto en el proceso de enseñanza aprendizaje. Situando esta definición en el ámbito académico, es posible investigar en cada ámbito (entorno, producto o servicio) distintas modalidades de enseñanza (presencial o virtual). Se hicieron importantes avances en la modalidad presencial durante los años previos a la pandemia, pero escaso desarrollo de la accesibilidad académica en la modalidad virtual [2]. En consecuencia, López [3] afirma que la accesibilidad académica es un concepto en construcción ya que desde la última década se suman aportes, se meditan nuevas perspectivas y se analizan dificultades en la educación superior virtual.

Desde la universidad se debieron establecer estrategias que propicien el aprendizaje de los contenidos y que favorezcan la aprobación de la cursada a todos los estudiantes. El escenario antes mencionado movilizó a los docentes a utilizar estrategias didácticas que propicien el aprendizaje de los tópicos medulares y desarrollen e incentiven el uso de capacidades y habilidades a través de TICs.

En el ámbito académico, se ha discutido sobre la importancia de considerar distintas estrategias pedagógicas que se aplican para propiciar el aprendizaje, con el fin de diseñar procesos de enseñanza-aprendizaje más eficientes. El equipo de investigación, en trabajos precedentes diseñó, implementó y valoró una práctica, abordando el contenido curricular “Derivada” de la asignatura Análisis Matemático I (AMI) de la Universidad Tecnológica Nacional. La experiencia anterior permitió refinar los niveles de comprensión y motivar a los estudiantes para que sean partícipes de su propio aprendizaje [4]. Además, se analizó si los proyectos producidos podrían ser valorados como Objetos de Aprendizaje (OA) de calidad. Según Wiley [5], se define a un OA como “Un recurso digital que puede ser reusado para ayudar en el aprendizaje”. En consecuencia, se evaluaron las características y como conclusión, se definieron como “Mini Unidades de Aprendizaje” (MUA) [6]. En esa experiencia el interés tuvo su origen en las dificultades observadas en la comprensión por parte de estudiantes universitarios en el mencionado tópico. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios pues demostraron que, si bien el uso de softwares es una exigencia curricular, la utilización de la MUA fue revalorizada, no sólo como herramienta para resolver cálculos sino como motivador del aprendizaje y favorecedor de la comprensión. Si se pretende que los estudiantes piensen por sí mismos o lleguen a ser capaces de aplicar lo que saben apropiada y creativamente, el proceso de aprendizaje debe implicarlos, precisamente, en este tipo de pensamiento activo.

Atendiendo a ello es que, con el objetivo de propiciar el aprendizaje de este contenido central de la asignatura se recurrió a la utilización de este recurso ya que resultó en experiencias previas una herramienta de motivación y de desempeño de competencias contribuyendo a la comprensión del tópico dado.

2. METODOLOGÍA

El interés de esta experiencia tuvo origen en las dificultades para el acceso y aprobación de la cursada durante el año 2020. La asignatura Análisis Matemático I (AMI) es una asignatura del ciclo básico de las carreras de ingeniería en Universidad Tecnológica Nacional. Este trabajo es un estudio de caso, tomando como actores a los alumnos de la cátedra Análisis Matemático I (AMI), que ingresaron y no alcanzaron a aprobar la cursada en el 2020. En el afán de posibilitar la accesibilidad a los estudiantes se desarrollaron acciones que, mediante la aplicación de estrategias didácticas les permitieron acceder, compartir y afianzar contenidos de la asignatura.

Considerando que el Aislamiento Social Preventivo imposibilitó las clases presenciales en el ámbito de las Facultades Regionales y que trajo aparejados problemas de distinta índole, la UTN aprobó el Plan Único de Contención Académico desde el 1° de octubre del año 2020 hasta el 31° de julio del año 2021. La finalidad de este plan es brindar apoyo, y fortalecimiento a las Áreas de Ingreso y Primeros Años de las Carreras de Grado de manera excepcional y extraordinaria ante la situación antes mencionada [9]. El Plan se divide en tres programas de fortalecimiento que se complementan entre sí:

- a) Programa de Apoyo de Ingreso Virtual (PAIV).
- b) Programa de Apoyo a Estudiantes (PAE).
- c) Programa Tutores Pares (PTP).

La cátedra AMI, perteneciente el Departamento de Materias Básicas, participó del Programa de Apoyo al Estudiante de la Secretaría Académica y la Subsecretaría de Asuntos Estudiantiles de la UTN-FRSF, donde se propiciaron acciones para favorecer la accesibilidad y una educación inclusiva. Es así, como culminado el año 2020, los docentes de la cátedra ofrecieron a los alumnos que no habían alcanzado la aprobación de la cursada, la posibilidad de inscribirse para asistir a un curso de modalidad intensiva desde el mes de febrero hasta abril del año 2021, en el marco del Programa de Apoyo a Estudiantes. Se trabajó en una propuesta distinta para el cursado de la asignatura que facilite el aprendizaje y les permita a los estudiantes apropiarse de los contenidos mínimos del diseño curricular.

La cantidad de estudiantes que se contactaron y manifestaron interés por el cursado fue 37 alumnos. De los cuales, 29 de ellos, que no presentaban discapacidad, se inscribieron y cursaron. Desde la institución se realizaron acciones que garanticen el cursado virtual con intención que logren a la aprobación de la cursada de la asignatura AMI, es decir que permitiéndoles la accesibilidad a los contenidos mínimos de AMI.

De acuerdo con Holst [7], la accesibilidad se analiza y estudia desde las siguientes categorías o dimensiones de análisis:

1. Actitudinal: considera las acciones que promueven la utilización de conceptos, promoción y realización de prácticas inclusivas y el propiciar la participación plena.

2. Servicios de apoyo y ayudas técnicas: equipos, recursos auxiliares, asistencia personal y servicios de educación para aumentar el grado de autonomía y garantizar oportunidades equiparables de acceso al desarrollo. Se refieren a acciones, recursos o medidas compensatorias para enfrentar restricciones sociales.

3. Información y comunicación: Son todas las acciones que facilitan el intercambio de información a nivel interpersonal, el acceso personal a la producción y uso de los mensajes (visuales, audibles, táctiles, entre otros), asimismo, el manejo de una imagen real y positiva de la persona.

4. Políticas, normas y procedimientos institucionales: se enfatizan en todas aquellas orientaciones y lineamientos dirigidos a hacer efectiva la incorporación y el cumplimiento de la legislación relacionada con discapacidad y accesibilidad, en las instituciones.

5. Administrativa: Busca incorporar la perspectiva de la discapacidad en todas las etapas del proceso administrativo (planificación, presupuesto, organización, coordinación, ejecución y evaluación; además, de los trámites que las personas requieren realizar para utilizar un servicio público), visualizando las necesidades de este colectivo y lo determinado en la normativa nacional e internacional en área de la discapacidad.

6. Tecnológica Se refiere a la tecnología proveniente de productos, sistemas o equipos técnicos accesibles.

7. Espacio físico: Son las condiciones que cumple una casa, edificación, ambiente, objetos o instrumentos utilizables por todas las personas, para que estas lleguen, ingresen, y las manipulen con seguridad, comodidad y autonomía, sin necesidad de adaptaciones o de proyectos especializados.

Además, se consideró como estrategia didáctica el uso de la MUA para el desarrollo de contenidos del Cálculo Diferencial. La experiencia consistió en invertir el tiempo de instrucción directa del contenido (por parte del docente) al momento en que el estudiante no se encuentra asistiendo a la clase sincrónica. Es así, como los alumnos debieron hacer uso de los contenidos teóricos que les proporciona la MUA, realizar la actividad propuesta y consultar sincrónica y asincrónicamente al docente. Luego, durante las clases sincrónicas se repasaron los contenidos y se resolvieron problemas similares. Los alumnos realizaron actividades de aplicación de los contenidos vistos, los docentes identificaron las dificultades de aprendizaje y comprensión que fueron surgiendo, se revisaron los nuevos conceptos, agregando y consolidando los conocimientos. Así fue que, durante el proceso de enseñanza aprendizaje los alumnos en clases sincrónicas recibieron la retroalimentación por parte de los docentes que los guiaron, con instancias de consultas sincrónicas y asincrónicas y supervisaron la tarea de los mismos.

En las prácticas vemos que los alumnos presentan dificultades para reflexionar sobre los temas y conceptos dados, y el poder transferirlos a situaciones nuevas. Generalmente realizan la resolución de problemas de una manera mecánica y repetitiva. Además, presentan dificultades en la integración e interrelación de conceptos. Frente a esto, es importante considerar el concepto de aprendizaje significativo y destacar que el uso de la MUA en experiencias anteriores permitió lograr mejoras en los niveles de comprensión.

Según Blythe [8] comprender es desempeñarse de un modo flexible en un área de conocimiento, incumbe a la capacidad de hacer con un tópico una variedad de cosas que estimulan el pensamiento, tales como explicar, demostrar y dar ejemplos, generalizar, establecer analogías y volver a presentar el tópico de una manera nueva. Su utilización contribuye a la comprensión

conceptual, las representaciones y conexiones múltiples, la modelización y la resolución de problemas. Brown y Glasner [9] lo definen como parte integral del aprendizaje, como un proceso dinámico que se desarrolla y se transforma según surge la necesidad y según mejora la comprensión del proceso.

Esta situación extraordinaria constituye una oportunidad para reflexionar sobre el grado de participación de los alumnos en el contexto de la virtualidad y los resultados alcanzados.

Según Celman y Rafaghelli [10] en el campo de la evaluación, la construcción de propuestas evaluativas tiene o debería tener una íntima relación con un contexto mayor, el cual le otorga, en gran parte, su significación educativa.

Para el análisis de los resultados se consideró la evaluación integrada al proceso de enseñanza y aprendizaje. Pues tiene carácter formativo, cualitativo, personalizado y constituye instrumento de retroalimentación.

A continuación, en la siguiente sección se analizarán cada uno de los puntos detallados por el autor y se mencionará de qué manera se implementó desde la cátedra de AMI.

3. RESULTADOS

Al analizar la propuesta académica llevada adelante, de acuerdo con Holst [7], se destaca la presencia de las siguientes categorías o dimensiones de análisis:

Actitudinal: desde la cátedra se propiciaron acciones que promovieron la utilización de conceptos, promoción y realización de prácticas inclusivas y la participación plena.

Los alumnos trabajaron colaborativamente interactuando entre sí, con los docentes y tuvieron a disposición los recursos didácticos en el [Campus virtual UTN FRSF](#) y en el Equipo Microsoft Teams denominado PAE-Programa de Verano. El campus de este curso forma parte de la plataforma educativa de la UTN-FRSF desarrollada sobre la herramienta de gestión de aprendizaje Moodle. El curso es parte del entorno virtual de la comunidad educativa, para el desarrollo y acompañamiento del proceso de enseñanza aprendizaje del alumno, donde los docentes facilitan el material didáctico digital y los mismos son accedidos mediante consultas de forma asincrónica. A su vez el Equipo Microsoft Teams cuenta con un repositorio al que el alumno puede acceder mediante la pestaña Archivos donde los docentes dejan el material y la grabación de las clases.

Servicios de apoyo y ayudas técnicas: los alumnos contaron con el equipo del personal técnico de la Facultad Regional Santa Fe, que brindó soporte técnico permanente y las consultas se podían realizar a través del equipo Teams denominado “Soporte” o a través de la dirección de correo soporte@frsf.utn.edu.ar

Información y comunicación: Entre las acciones que facilitaron el intercambio de información a nivel interpersonal, el acceso de las personas a la producción y uso de los mensajes podemos mencionar que los docentes facilitaron el intercambio y el acceso al conocimiento mediante la posibilidad de consulta permanente. Respecto al material didáctico los alumnos se comunicaban con el equipo docente mediante correo electrónico a través de campus virtual, mediante el chat del equipo Teams o mediante llamada/video conferencia. Se propiciaron las herramientas didácticas que posibilitaron la utilización de conceptos, la promoción y realización de prácticas inclusivas y la participación plena. Los docentes alentaron constantemente la participación de los alumnos mediante clases teóricas-prácticas brindando espacios de consultas sincrónicas y asincrónicas.

Además, el dictado de clases se llevó adelante de forma virtual sincrónicamente sobre la plataforma de Microsoft Teams. Las clases teórica- prácticas se realizaron mediante videoconferencias grabadas de forma tal que, si el alumno no podía asistir disponía de las grabaciones para acceder a ellas en el momento que lo requiera. Se destaca que los alumnos manifestaron como positivo poder disponer de las grabaciones para ver las clases cuantas veces lo necesitaran. Respecto a los espacios para la atención de consultas, servicios de apoyo y ayudas individuales, los estudiantes disponían tanto de espacios sincrónicos mediante reuniones en Teams (llamadas o video llamadas) y espacios asincrónicos en campus (Foros).

Respecto a las dimensiones “Políticas, normas y procedimientos institucionales y “Administrativa” se insiste en que el curso estaba enmarcado en el Plan Único de Contención Académico mencionado anteriormente, y que los alumnos de este curso se vieron beneficiados tanto por el Programa de Apoyo a Estudiantes (PAE) como por el Programa Tutores Pares (PTP), propiciando la accesibilidad a los contenidos. El PTP, depende de la Subsecretaría de Asuntos Estudiantiles y permitió que dos alumnos tutores reforzaran las actividades prácticas realizadas por los alumnos guiados por el cuerpo de profesores. De esta manera, todos los días de la semana los estudiantes contaban con clases sincrónicas. Desde el punto de vista administrativo todo el proceso fue llevado adelante desde la Secretaría Académica de la FRSF- UTN.

En cuanto a la tecnología la Facultad dispone, para docentes y alumnos, mediante una cuenta de dominio, el acceso al producto de Microsoft Office 365. Durante el año 2020, el área de soporte brindó a los docentes capacitaciones y desde la página de la facultad se puede acceder al material para el dictado de clases sincrónicas, la utilización de repositorio de almacenamiento y

edición de videos, etc. <https://www.frsf.utn.edu.ar/recursos-web/recursos-tecnologicos/microsoft-teams>. Además, la FRSF cuenta con entorno virtual, donde la cátedra dispone de un espacio donde estuvo alojado el curso, esta plataforma educativa de la UTN-FRSF está desarrollada sobre la herramienta de gestión de aprendizaje Moodle.

Todo esto posibilitó el intercambio de información a nivel interpersonal, el acceso de los alumnos y docentes a la producción del conocimiento y el uso de los mensajes. Es así como, los/as alumnos/as contaron con la información y comunicación permanente a través de los siguientes canales de comunicación tanto del sistema de mensajería del Campus Virtual, los correos electrónicos y del sistema de mensajería/llamadas/video llamadas de Microsoft Teams.

De esta manera los recursos didácticos, objetos o instrumentos utilizados por todas las personas, fueron dispuestos de forma tal que puedan ser ingresados y manipulados con seguridad, comodidad y autonomía.

Además, en el afán de colaborar en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que los conocimientos sean accedidos y aprehendidos por los estudiantes se abordó la temática con interpretación de la derivada mediante la MUA.

Utilizar las ventajas de las herramientas TICs, facilitó la inclusión y muestra la evolución favorable del personal docente facilitando y mejorando la enseñanza a través del desarrollo de actividades virtuales que propiciaron el aprendizaje centrado en el alumno en el momento de trabajar con el contenido mínimo de Derivada. Las clases de consultas sincrónicas y asincrónicas permitieron mejorar la concientización sobre la igualdad y el trato digno.

Por ello se consideró como estrategia didáctica el uso de la MUA para el desarrollo de contenidos del Cálculo Diferencial, utilizando las posibilidades didácticas de la categoría tecnológica con intención de innovar y ayudar a los alumnos en el acceso al aprendizaje y la adquisición de autonomía. Respecto de las bondades de la MUA podemos destacar que:

- Posee contenido interactivo: implica la participación de cada individuo (profesor-alumno/s) en el intercambio de información.
- Es indivisible e independiente de los otros objetos de aprendizaje.
- Incluye contenidos no contextualizados (no hace referencia a su ubicación ni en la asignatura, ni en la titulación, ni en el tiempo).
- Determina algunos de los posibles contextos de uso, facilitando el proceso posterior de rediseño e implementación.
- Permite alcanzar objetivos de aprendizaje más amplios, llevando a la construcción de los llamados: módulos de aprendizaje (en este caso Derivada).

Es así como, el uso de la MUA permitió que el alumno acceda al desarrollo de las competencias relacionadas con el comprender e interpretar documentos relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación, acceder a los sistemas de información digitales y desarrollar habilidades y destrezas en el manejo de las herramientas informáticas, comprendiendo su aplicación según su saber específico.

Los docentes de la cátedra utilizamos la MUA, pues cuenta con un claro marco teórico de referencia, “Complemento Teórico” y facilita la participación del alumno, proponiendo una serie de pasos “Instrucciones” para abordarlo que pueden ser utilizados en la resolución de problemas similares a la propuesta. Como se mencionó, si bien no llega a ser un OA, incluye contenidos ordenados y secuenciados que permiten guiar a los alumnos con este estilo de aprendizaje y apropiarse de los conceptos. El orden secuencial para el estudio parte desde una “Introducción”, luego se menciona el “Objetivo” de la actividad, el desarrollo de los contenidos teóricos, las “Instrucciones” que fundamentan una situación problemática estática y luego dinámica, concluyendo con la resolución del problema, como modelo objetivo para la resolución de otras situaciones problemáticas [4]. <https://n9.cl/wust>

La utilización de la MUA resultó una estrategia motivacional, pues potencia la percepción visual y geométrica de los conceptos, facilitando con ello su comprensión y que permitió la representación de imágenes dinámicas que facilitan la visualización del concepto y la resolución de problemas.

Se ha mostrado que estos recursos educativos apoyan la colaboración y el aprendizaje entre pares, su utilización en combinación con recursos tradicionales puede repensarse, junto con nuevas formas de evaluación, como herramientas para la mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cuanto a los resultados que pueden apreciarse encontramos que los alumnos siguieron todo el proceso con una buena participación en clase con un porcentaje de asistencia del 83%, un satisfactorio grado de cumplimiento de tareas y buena predisposición a resolverlas, y la consolidación gradual de los conocimientos previos.

Es importante mencionar que, al principio del proceso, costó que los alumnos participaran. Necesitaron que los docentes realicemos “recordatorios” frecuentes sobre las actividades y un seguimiento importante.

Por otro lado, se observó que varios alumnos ingresaban a ver el material didáctico antes de clases, y otros ingresaban varias veces luego de la dinámica presentada en las clases de consulta. Por lo cual, todo el material representó un recurso accesible e importante de consulta para

los alumnos. Este proceso facilitó la aprehensión de los contenidos de la asignatura y permitió que gran parte de ellos aprueben la cursada de la asignatura. Cabe destacar el interés mostrado durante el desarrollo del curso, en cuanto a la asistencia (a pesar no haber sido condición de aprobación) y participación de los alumnos en clases, resolviendo ejercicios a la par del profesor, con cámaras y micrófonos encendidos. Todo esto se vio reflejado en notas con promedios altos de aprobación, un 68% del curso alcanzó la aprobación del mismo con notas superiores al 60 % en los tres trabajos prácticos que se dieron como instancia de evaluación.

La evaluación es un proceso complejo que se comprende en el contexto y se considera bajo las condiciones en que se produce el proceso de enseñanza y aprendizaje. El curso tenía como objetivo brindar la oportunidad para que los alumnos accedan a la aprobación de la cursada ya que no habían logrado durante el año 2020.

Los alumnos que cursaron y completaron el curso fueron 29.

Como parte de la evaluación continua, los/as alumnos/as debieron realizar tres trabajos prácticos (TPs), a través del Campus Virtual, donde resolvieron situaciones problemáticas similares a las realizadas en las clases teórico- prácticas como parte de las actividades y debían obtener un mínimo del 40% pudiendo recuperar uno de ellos.

Con respecto estas instancias de evaluación del curso, la evolución de la aprobación de los TPs fue la siguiente:

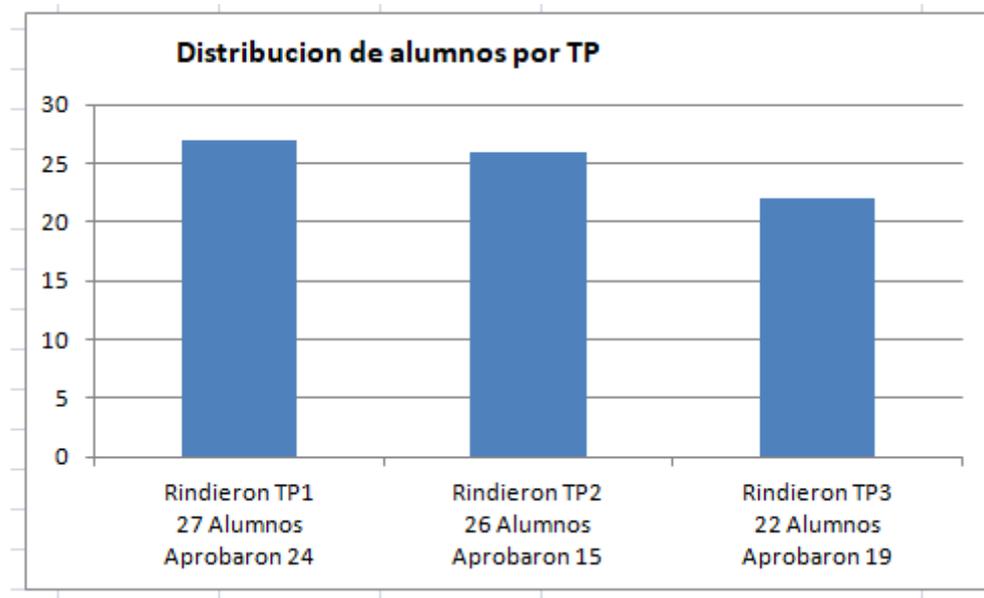


Figura 51 – Aprobación de alumnos en instancias de evaluación mediante trabajos prácticos.

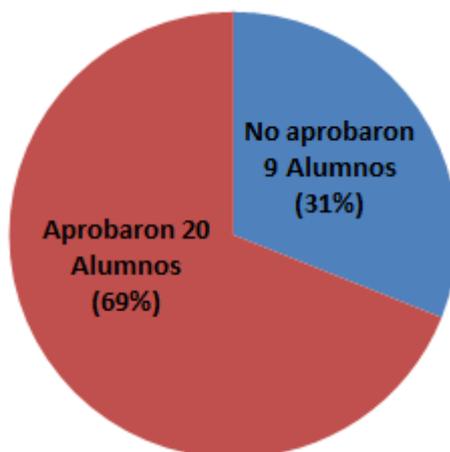


Figura 52 - Porcentaje de aprobación del curso de PAE AMI

Al finalizar el cursado, los alumnos que no habían alcanzado la aprobación de los contenidos de los TPs, recuperaron accediendo y logrando la aprobación total de los TPs 20 alumnos. Por lo tanto, luego de las distintas instancias y como resultado de la evaluación continua alrededor del 70% aprobó la cursada de la asignatura. Es así como, alumnos y docentes, comprometidos realizaron

las acciones necesarias y facilitaron los medios para favorecer la accesibilidad académica a pesar de las condiciones de contexto.

4. CONCLUSIONES

Las dificultades que presentan los estudiantes durante la transición entre los diferentes niveles educativos se manifiestan de diversas formas. El tránsito entre la educación media y la universitaria da como resultado altos índices de deserción y bajo rendimiento. Esta situación se vio particularmente afectada durante el transcurso del año 2020, tan atípico, producto de la emergencia sanitaria frente a la pandemia del COVID-19.

El curso, sostenido mediante políticas, normas y procedimientos institucionales de la UTN y llevado adelante en la FRSF fue brindado mediante las TICs a través de las herramientas de soporte técnico y la asistencia a los docentes y alumnos de los servicios de apoyo y ayuda técnica y administrativa. Todo ello, permitió la accesibilidad al proceso de enseñanza aprendizaje a alumnos que en el 2020 no habían aprobado la cursada, posibilitando la aprehensión de los conocimientos indispensables del cálculo y reforzar contenidos y ejercitación práctica para aprobar la asignatura y/o continuar con el cursado de las materias correlativas de la carrera.

La accesibilidad fue garantizada por la institución y por la cátedra. Los docentes contribuyeron especialmente mediante lo actitudinal, la información y comunicación, la implementación recursos medidos por la tecnología, logrando que los alumnos se sientan acompañados, motivados y posean la información disponible en todo momento, garantizándoles las clases sincrónicas y asincrónicas. Se puede apreciar, en gran parte de los alumnos, el interés en participar en las clases sincrónicas y asincrónicas a través de las videoconferencias, chat o foros.

La utilización de la MUA resultó una estrategia que desde lo práctico permitió resignificar el aula virtual facilitando la accesibilidad al contenido y a la resolución de problemas. La participación de los estudiantes demostró que mientras más llamativo, interesante o concreto sea el input de la actividad presentada, más fuerte es el involucramiento del aprendiente en el proceso de enseñanza aprendizaje. Por ello, consideramos que la MUA resulta una herramienta tecnológica accesible que permite motivar al alumno brindando información, que refuerza y fortalece el aprendizaje de temas de AMI fundamentales en el trayecto de sus respectivas carreras, constituyendo así un objeto de aprendizaje en la clase virtual de indiscutible valor. Así, el modelo de enseñanza, centrado en el liderazgo del docente, se vio obligado a cambiar, a desconstruirse y adaptarse a los entornos virtuales. Esto propició la accesibilidad de los alumnos a los contenidos mediante el aprendizaje centrado en el alumno y optimizando los tiempos. De esta manera propiciamos verdaderos desempeños, que les permitan pensar avanzando más allá de lo que se les dice, y que la clase sincrónica contribuya a confrontar sus ideas y actitudes desde una perspectiva más crítica.

Si bien el cursado ha tenido un modo intensivo, y la finalidad de este ha sido brindar la posibilidad de obtener la aprobación del cursado de AMI, desde el cuerpo docente se hizo hincapié en formar al alumno desde el conocimiento básico del cálculo; dotándolo de las herramientas necesarias para el seguimiento de la asignatura en sus próximas instancias, enseñando a pensar cada ejercicio/problema

Todo esto favoreció a los alumnos, pues motivados pudieron alcanzar la aprobación de la cursada logrando sus objetivos e implementando por parte de los docentes, formas de educar innovadoras y adecuadas a las nuevas generaciones dando respuesta a las condiciones de contexto y contribuyendo a su vez, a la permanencia de los estudiantes en la carrera de ingeniería.

4. REFERENCIAS.

- [1] Laitano, M.I. (2015). "Accesibilidad web en el espacio universitario público argentino". *Revista Española de Documentación Científica*, 38 (1): e079, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/redc.2015.1.1136>
- [2] López, A. (2018). "Accesibilidad académica en la educación superior virtual". En E. Alvarenga (Comp.), *Las mil caras de la Universidad* (pp. 225-244). Buenos Aires: Dunken.
- [3] López, A.; Restrepo, F.; Preciado, Y. (2015). "Accesibilidad académica: un concepto en construcción". *VI Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual (CAFVIR)*. Granada.
- [4] Casco, Eva; De Santis, Eduardo; Tibaldo, Aldana; Verrengia, Milagros. (2018). "El uso de tecnologías, la comprensión y la evaluación". *VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico Tecnológicas (IPECyT)*, 47.
- [5] Wiley, Davis. (2002). "Learning Objects Explained". *Agency for Instructional Technology; Association for Educational Communications & Technology*, 1-3.
- [6] Casco, Eva; De Santis, Eduardo; Rodríguez, María Elvira; Pastorelli, Sonia. (2018). "Evaluación de Proyectos Propuestos por Alumnos de la UTN FRSF en el Tópico "Razón de Cambio" y su Relación con Objetos de Aprendizajes". *XXI Encuentro Nacional y XIII Encuentro Internacional de Educación Matemática en carreras de Ingeniería (EMCI)*, 107.

- [7] Holst, B. (2006). "Estudio Bibliográfico: Ayudas Técnicas, Tecnologías de Apoyo y Accesibilidad". *Centro de Investigación y Docencia en Educación -CIDE*, División de Básica. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- [8] BLYTHE (1999). "La enseñanza para la comprensión: Guía para el docente". Paidós. Argentina
- [9] Brown, Sally; Glasner, Angela. (2003). "Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques". Narcea. Madrid.
- [10] Celman, Susana; Rafaghelli, Milagros. La enseñanza en los seminarios de evaluación de los aprendizajes. Sentidos de experiencias. En: <http://asesoriapedagogica.ffyb.uba.ar/?q=la-enseanza-en-los-seminarios-de-evaluaci-n-de-losaprendizajes-sentidos-de-experiencias>. Consulta agosto 2021.

Producción de contenidos académicos en carreras de ingeniería en tiempos de pandemia

Minnaard, Claudia*; Torres Zulma

*Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación (IIT&E),
Universidad Nacional de Lomas de Zamora.*

minnaardclaudia@gmail.com, torreszulm@hotmail.com

RESUMEN

Dentro de los grandes desafíos, que como docentes, hemos tenido que afrontar en tiempos de pandemia, se encuentra la producción de contenidos académicos para carreras de ingeniería. La transformación de los materiales que utilizábamos para nuestras clases presenciales a materiales utilizables en las clases virtuales, ha sido una metamorfosis que integra lo tecnológico, lo cognitivo, lo relacional y lo pedagógico, en un marco de formación por competencias. En el presente trabajo se muestra el desarrollo de contenidos en la cátedra de Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Palabras Claves: Contenidos, Materiales, Didácticos, Estadística, Competencias.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

Among the great challenges that we as teachers have had to face in times of pandemic is the production of academic content for engineering careers. The transformation of the materials that we used for our face-to-face classes to materials usable in virtual classes has been a metamorphosis that integrates the technological, the cognitive, the relational and the pedagogical, in a framework of training by competencies. In the present work the development of contents in the Chair of Probability and Statistics of the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora is shown.

Keywords: Contents, Materials, Didactics, Statistics, Competences.

1. INTRODUCCIÓN

El desafío que como docentes hemos tenido que afrontar en tiempos de pandemia, ha sido saber adaptar los contenidos de sus materias presenciales al aprendizaje remoto de emergencia. Esta traducción no es solo de formato sino de lenguaje. Pardo y Cobo destacan que *“la transición no es automática ni tiene que ver con inyectar más tecnología, sino con un proceso ambicioso capaz de integrar lo tecnológico, lo cognitivo, lo relacional y lo pedagógico”*. [1]

La pandemia ha generado adaptaciones en el proceso de enseñanza de las distintas cátedras. Desde el año 2006 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora se implementa la modalidad blended learning o aprendizaje mezclado, combinando presencialidad y virtualidad. El aprendizaje eficaz requiere que los alumnos operen activamente en la manipulación de la información a ser aprendida, pensando y actuando sobre ello para revisarla, expandirla y asimilarla. Por lo tanto y desde una perspectiva didáctica, estamos construyendo competencias. El pasaje a una enseñanza a distancia ha implicado una serie de modificaciones y adaptaciones didácticas y tecnológicas en las cátedras. Uno de los primeros cambios que el alumnado advierte es la necesidad de incrementar de forma notable sus competencias en el uso de tecnologías con funciones educativas, que no serían necesarias para llevar a cabo presencialmente el mismo tipo de actividad de aprendizaje. Por lo cual, los equipos docentes de las cátedras han reformulado el espacio virtual existente en función de las habilidades adquiridas en las cursadas con modalidad mixta. Con el objetivo de reducir ciertas resistencias propias (y lógicas) del alumnado al encontrarse en un entorno totalmente nuevo.

Minnaard y Minnaard [2] en 2011, publicaron un estudio de prospectiva con el objeto de identificar las variables de carácter estratégico intervinientes en el diseño de un modelo educativo combinando presencialidad y virtualidad. Se trabajó a través de Grupos Focales con Expertos y se utilizó la construcción de escenarios para la selección y jerarquización de las características más importantes del sistema. Se concluyó con un análisis estructural a través del software de aplicación Prospective V 6 2003- 2004, Matriz de Impactos Cruzados y Multiplicación Aplicada a una Clasificación. Se fundamenta en el análisis del posible comportamiento futuro de alternativas identificadas a partir de una visión estratégica e innovadora de largo plazo que permite la construcción colectiva de una imagen objetivo deseable, adecuado y compatible con las condiciones, necesidades y oportunidades [3]. Las variables utilizadas en el estudio prospectivo fueron las siguientes:

1. Tipo de software (TipoSoftwar)
2. Fácil instalación (FacilInst)
3. Instrucciones claras (InstClaras)
4. Selección de colores (SelecColor)
5. Tipografía (Tipografia)
6. Organización de la información para su transmisión (OrgInfTran)
7. Tratamiento pedagógico del contenido (TratPedCon)
8. Explicitación de objetivos (ExplObjeti)
9. Formas de presentación del contenido (ForPresCon)
10. Uso de facilitadores del aprendizaje (UsoFacApre)
11. Flexibilidad de la aplicación para adaptarse al nivel y al ritmo de cada usuario (FlexAdapNi)
12. Tipo de actividades propuestas (TipoAct)
13. Soportes no verbales (SoporteNV)
14. Interpretación en los distintos contextos de lectura. (IntContLec)
15. Facilidad en la navegación (Fac Navega)
16. Cantidad y calidad de las opciones del usuario (CantCalOpU)
17. Capacidad del programa para dar una respuesta adaptada a cada usuario (CapProgRes)

En la Figura 1 es posible observar el plano de Influencias Directas en que se identifican las variables claves. Se trata de variables muy motrices y muy dependientes y, por lo tanto inestables. Son aquellas a las que el método considera clave, por lo que cualquier acción sobre ellas repercute amplificadoramente sobre el sistema. Los resultados a los que se han arribado indicarían que las variables que podrían considerarse clave serían: “Organización de la información para su

transmisión” y “Tratamiento pedagógico del contenido”. Cabe destacar también las variables palanca. Se trata de variables complementarias de las anteriores, ya que la actuación sobre ellas hace evolucionar el sistema afectando la evolución de las variables clave. En este caso se ha hallado “Facilidad de la navegación”

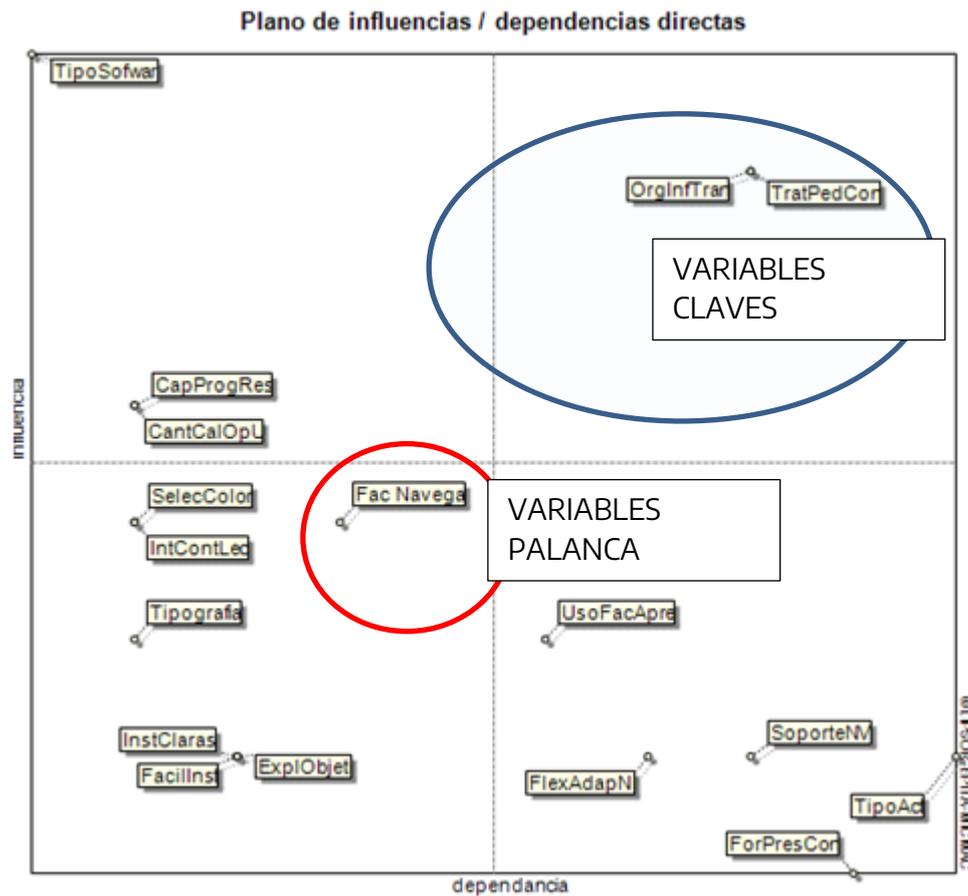


Figura 1: Plano de Influencias Directas. Fuente: Minnaard, C., & Minnaard, V. A. (2011). Diseño de materiales multimediales.

Desde esta perspectiva se desarrollaron contenidos de la cátedra de Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

2. DESARROLLO

Las carreras de grado que se cursan en la Unidad académica son: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Ferroviaria e Ingeniería Mecatrónica. La modalidad de enseñanza se encuadra en el modelo Blended Learning (presencialidad + virtualidad), a partir de la pandemia el modelo es totalmente a distancia. A partir de la pandemia por COVID 19, con la implementación del Decreto 297/2020 indicando que las personas sólo podrán realizar desplazamientos mínimos e indispensables para aprovisionarse de artículos de limpieza, medicamentos y alimentos, hubo que realizar diversas adaptaciones para pasar a la modalidad totalmente virtual.

Esto conlleva algunas implicaciones, que Barberà et al. señalan: Uno de los primeros cambios que el alumnado va a advertir, incluso antes de plantearse la realización de algún tipo de actividad de enseñanza y aprendizaje a distancia o virtual, va a ser la necesidad de incrementar de forma notable sus competencias en el uso de tecnologías con funciones educativas, que no serían necesarias para llevar a cabo presencialmente el mismo tipo de actividad de aprendizaje [4], [5].

El equipo docente de la cátedra de Probabilidad y Estadística reformuló el espacio virtual existente en función de las habilidades adquiridas en las cursadas con modalidad mixta. Con el objetivo de reducir ciertas resistencias propias (y lógicas) del alumnado al encontrarse en un entorno totalmente nuevo.

La página del curso se organiza en secciones temáticas: el formato Grid o de cuadrícula, proporciona una ventana con accesos a las propuestas de la cátedra, que se planifican para ser presentadas a los estudiantes semanalmente. Al aspecto de los tópicos, que se pueden observar en la Figura 2, se le suman interacciones propias del espacio virtual: al desplazar el cursor encima del icono, el alumno obtiene una breve descripción del nuevo material. Y en la elección de este diseño y dinámica

se ha tenido especial cuidado para que se adapte a las pantallas múltiples entre los estudiantes (celulares, computadoras de escritorio y/o portátil, o tabletas).



Figura 2. Estructura del aula virtual en bloques interactivos

El contenido de cada propuesta se organiza por medio de etiquetas, donde el participante tiene acceso al Material para abordar la temática de modo virtual -en la sección titulada MATERIAL DE ESTUDIO- y Actividades de autoevaluación -en la sección titulada ACTIVIDADES- con varios recursos de la plataforma Moodle.

Un aspecto a destacar tiene que ver con las actividades de gamificación propuestas en la unidad de Variables aleatorias (Figura 3). Para este curso, se diseñó la secuencia con herramientas de Genially (en: <https://view.genial.ly/5e8b43d0c6fc900e022f5c5/game-breakout-variables-aleatorias-claudia-minnaard>), y de cursos precedentes, se contaba con infografías interactivas embebidas en cuestionarios de autoevaluaciones, y en lecciones o tutoriales que incluyen ejemplos con software.



Figura 3. Gamificación - Variables aleatorias

Las potencialidades de Moodle y la gestión del aula virtual por parte del equipo docente de la cátedra de Probabilidad y Estadística (FI-UNLZ) permiten contar con: un portafolio de actividades para trabajar estrategias diversificadas, un banco de preguntar robusto que permite personalizar test con cuestiones aleatoriamente, una selección de material bibliográfico de acceso digital -con enfoque técnico, que aplica tecnología estadística- y en este curso se suma las videoconferencias, ante la imposibilidad de los encuentros presenciales.(Figura 4)

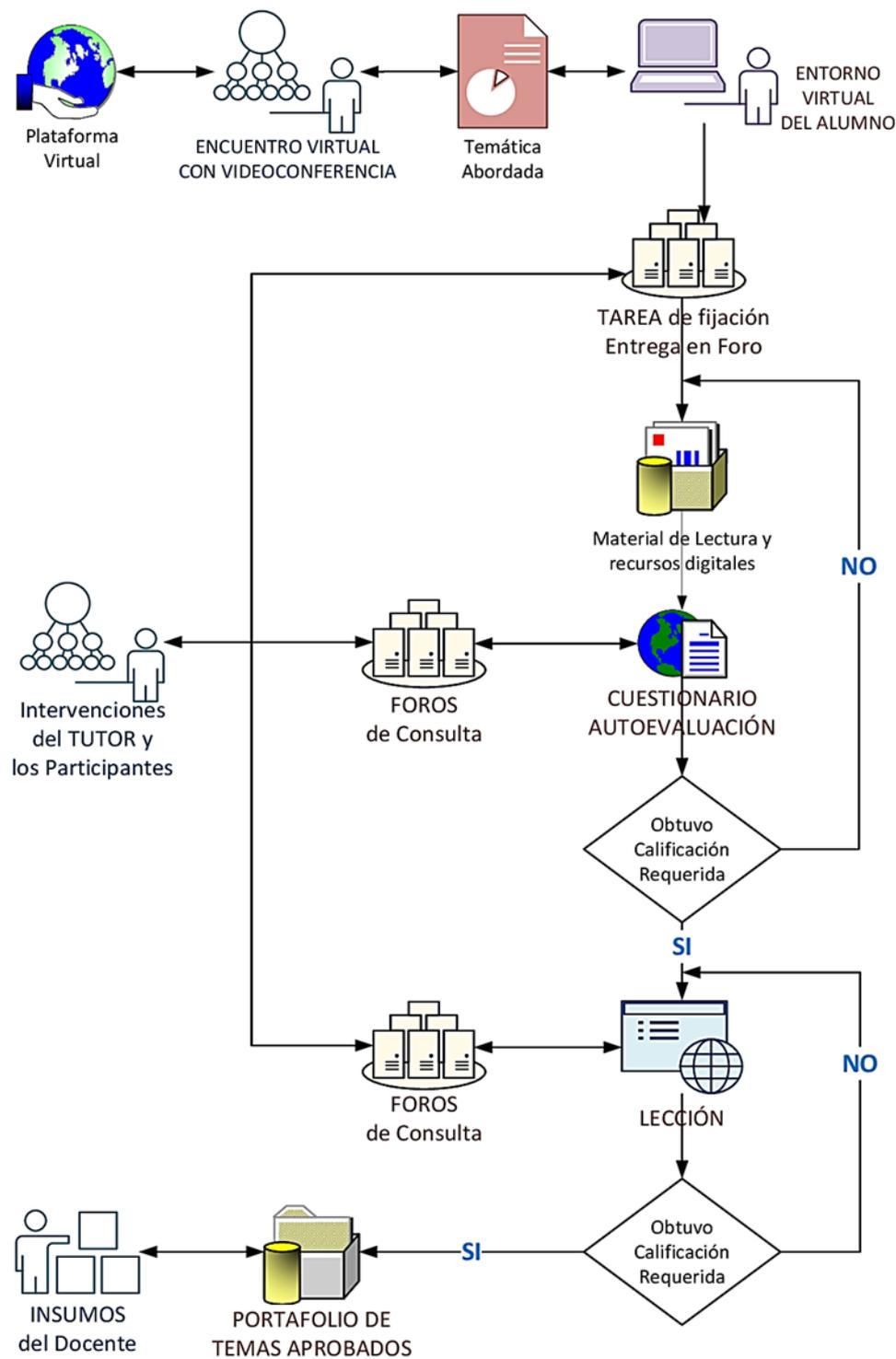


Figura 4. Flujo de Actividades

A modo de ejemplo, se muestra el diseño de la unidad temática Regresión y Correlación.

Foro de Consultas | Regresión y Correlación

MATERIAL DE ESTUDIO

- VIDEO CLASE 24 DE JUNIO 2021
2.2MB Documento PDF Subido 24/06/21, 20:46
- Apuntes | Regresión y Correlación
- Material multimedia | Regresión y Correlación
- Ejemplo de Regresión usando Minitab

ACTIVIDADES

- Auto-evaluación Regresión y Correlación
- ENTREGA de TAREA de Regresión y Correlación

LABORATORIO & SIMULACIÓN

- Sala de Simulación virtual

Figura 5. Diseño de la unidad temática Regresión y Correlación

3. CONCLUSIONES.

La pandemia ha forzado la transformación de una enseñanza en el modelo blended learning o aprendizaje mezclado (presencialidad + virtualidad) que la FIUNLZ viene desarrollando hace más de 10 años, a un modelo totalmente a distancia.

Esta reconversión se ha implementado utilizando todas las herramientas que la plataforma Moodle facilita, permitiendo de esta manera tener la trazabilidad del desempeño de los estudiantes a través de los vestigios digitales, así como todas las actividades propuestas.

Post pandemia tendremos que analizar cuáles de los recursos desarrollados han venido para quedarse. Posiblemente el rumbo que debe ofrecer la universidad es hacia nuevas y mejores certidumbres, en un entorno híbrido.

4. REFERENCIAS.

- [1] Pardo Kuklinski, Hugo; Cobo, Cristóbal (2020). Expandir la universidad más allá de la remota de emergencia Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia. Outliers School. Barcelona.
- [2] Minnaard, C., & Minnaard, V. A. (2011). Diseño de materiales multimediales. In XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- [3] Godet, M. (2003) La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. Problemas y métodos. Paris: Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique – Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia.
- [4] Barberà, E. & Badía, A. (2005). El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior. [Artículo en línea]. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC) (vol. 2, n° 2). UOC. En: <http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/barbera.pdf> [consultado: 05/08/2021].
- [5] Barberà, E. & Badía, A. (2004) Educar con aulas virtuales. Orientaciones para la innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Antonio Machado Libros SA. Vol. CXLVII de la colección Aprendizaje, Madrid.

Creación de caso pedagógico de estudio a partir de experiencia emprendedora, y su aplicación académica.

Machesich, Martín; Rohvein, Claudia; Ribas, Fabiana; Huls, Gabriela; Spina, Emilia.

FIO - Facultad de Ingeniería Olavarría. UNICEN - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

martin.machesich@fio.unicen.edu.ar, crohvein@fio.unicen.edu.ar,
fabiana.ribas@econ.unicen.edu.ar, ghuls@fio.unicen.edu.ar, spinaemilia@gmail.com

RESUMEN

Una de las funciones de un operador logístico es proporcionar y mantener sistemas de información, basándose en la agregación para incrementar el superávit de la cadena de suministro. En este sentido, brindar plataformas online para clientes economiza la búsqueda, potenciando la tecnología de la información y la transformación digital.

Por otro lado, desde la investigación se trabaja bajo el enfoque de integralidad de funciones para aportar al ámbito docente, especialmente en el área de la Educación en Ingeniería Industrial. Bajo estos conceptos el objetivo es crear un caso pedagógico que integre varias temáticas de la carrera como logística, emprendedorismo y marketing.

Se recurre al método del caso de estudio que es una técnica que favorece la enseñanza a través de la aplicación de conceptos a un caso real. Asimismo, potencia el aprendizaje por descubrimiento, anima al estudiante a hacer preguntas y formular sus propias respuestas, desarrollando habilidades comunicativas y fomentando su espíritu crítico. Consecuentemente contribuye a la formación por competencias y al aprendizaje centrado en el estudiante.

El caso de estudio está creado a partir de la experiencia e información recabada de un emprendimiento personal, que actualmente cuenta con 50 clientes y 1500 usuarios diarios. Es un portal web destinado a la promoción de propiedades y desarrollos inmobiliarios en venta y alquiler, así como también de constructoras, aseguradoras y complejos comerciales e industriales. El análisis y la resolución del mismo se aborda a través de dos tipos de casos: retrospectivo (centrado en el estudio de descripciones), y de acción forzada (resolución de problemas), incluyendo para ambos una Teaching Note con guía y recomendaciones al docente para su abordaje.

La dinámica de aplicación está basada en el contexto pandémico actual por COVID-19 mediante la estrategia de aprendizaje Blended Learning (virtual-presencial), incluyendo una guía para su abordaje, con la moderación y retroalimentación del docente.

Palabras Claves: caso pedagógico, emprendedorismo, cadena de suministro, marketing, educación.

ABSTRACT

Among the functions of a logistics operator, to provide and maintain information systems is prominent, based on aggregation to increase supply chain surplus. In this sense, providing online platforms for clients saves search costs, improving information technology and digital transformation.

In this research, we work under the approach of integrality of functions to contribute to the teaching field, especially in the area of Education in Industrial Engineering. Through these concepts the objective is to create a pedagogical case that integrates various career themes such as logistics, entrepreneurship and marketing.

The case study is a technique that favors teaching through the application of concepts to a real case. Likewise, it enhances learning by discovery, encourages the student to ask questions and formulate their own answers, developing communication skills and fostering their critical spirit. Consequently, it contributes to competencies and student learning.

This method is created from the experience and information gathered from a personal entrepreneurship, which currently has 50 clients and 1500 daily users. It is a web portal for the promotion of properties and real estate developments for sale and rent, as well as construction companies, insurance companies and commercial and industrial complexes. The analysis and resolution is approached through two types of cases: retrospective (focused on the study of descriptions), and forced action (problem solving), including a Teaching Note with relevant guidance.

The application dynamics is based on the current pandemic context due to COVID-19 through the Blended Learning learning strategy (virtual-face-to-face), including a guide for its approach, with moderation and teacher feedback.

Keywords: pedagogical case, entrepreneurship, supply chain, marketing, education.

1. INTRODUCCIÓN

El método del caso de estudio es una de las técnicas pedagógicas que favorece el aprendizaje por descubrimiento [1] que anima al alumno a hacer preguntas y formular sus propias respuestas así como a deducir principios de ejemplos prácticos o experiencias de casos reales.

El “aprendizaje por descubrimiento” precisa de una participación activa del estudiante tanto de forma individual como grupal, ya que protagonizan más responsabilidad en el desarrollo de la discusión y se acercan a la realidad profesional. Este tipo de enseñanza-aprendizaje fomenta la curiosidad y el desarrollo de destrezas analíticas. [2]

La enseñanza utilizando casos de estudio sumerge a los estudiantes en la realidad de la toma de decisiones operativas y gerenciales que incluye información incompleta, limitaciones de tiempo y objetivos propuestos. Esta metodología estimula el pensamiento de los estudiantes y la discusión. No sólo es la forma más relevante y práctica de aprender habilidades de gestión, sino que también es emocionante y divertido. [3]

Debido a que los casos de estudio abarcan una variedad de organizaciones y situaciones, le brindan una exposición mucho mayor de lo que probablemente experimentan en su rutina diaria. También le permite desarrollar conocimiento en varios temas de gestión al tratar de manera selectiva e intensiva los problemas en cada campo. Logran reconocer rápidamente que los problemas que enfrentan en una empresa específica no son exclusivos de una determinada organización o industria. A partir de esto, desarrollan un sentido de gestión más amplio. [2]

El caso pedagógico de estudio del presente trabajo refleja la descripción y problemática de un emprendimiento personal online del autor principal, que actualmente cuenta con 50 clientes, y más de 1500 usuarios diarios. Es un portal web destinado a la promoción y publicación de propiedades y desarrollos inmobiliarios en venta y en alquiler, así como también de actividades empresariales relacionadas como constructoras, aseguradoras y complejos comerciales e industriales.

La motivación para el abordaje del presente trabajo radica en el desempeño y vocación docente de los autores, al considerar que aprender de casos reales es una valiosa herramienta y técnica pedagógica. Además, evidencia la puesta en práctica de herramientas para la educación en ingeniería industrial, a través de la aplicación de conceptos a un caso real, en línea con los métodos activos de enseñanza de la Universidad donde se desempeñan.

En este marco el objetivo principal es desarrollar y crear un caso pedagógico de estudio sobre un emprendimiento, para su aplicación didáctica-académica en enseñanza universitaria de grado y postgrado. El trabajo se presenta como integrador en cuanto al abordaje de los temas, y transversal respecto a la vinculación de los contenidos, focalizándose en temáticas de emprendedorismo, marketing y logística. Un operador logístico proporciona sistemas para incrementar el superávit de la cadena de suministro. En este sentido, brindar plataformas online para clientes economiza la búsqueda, potenciando la tecnología de la información y la transformación digital.

Los objetivos específicos de aprendizaje del caso de estudio, se explicitan en la sección: *Implicancias para la Docencia (Teaching Note): Objetivos de Aprendizaje Conceptuales y de Competencias, Actitudes y Habilidades*. La dinámica de aplicación está basada en el contexto pandémico actual por COVID-19 mediante la estrategia de aprendizaje *Blended Learning* (virtual-presencial), y presencial.

El documento presenta en primer término el marco teórico con la identificación de los conceptos claves que resultan necesarios para la propuesta de solución del caso, y la definición de las particularidades que presentan la categoría de organizaciones a la que pertenece la empresa involucrada. Luego, aborda los aspectos metodológicos, la descripción del caso de estudio, las implicancias para la docencia, las conclusiones y los cuestionarios de *feedback* del caso de estudio.

2. MARCO TEÓRICO.

La revisión de conceptos teóricos en el presente trabajo se realiza a partir de la identificación de dos ejes/partes principales. El primero de ellos se enfoca en abordar los conceptos claves teóricos necesarios para analizar, discutir y resolver el caso como así también su alcance. El segundo eje desarrolla la descripción y caracterización del tipo o categoría de organizaciones y empresas a las que aplica el caso. Para poder comprender los conceptos de cada eje, se procede a caracterizar previamente el foco del presente trabajo: los casos de estudio.

2.1. Los casos de estudio.

Los casos de estudio traen a la discusión situaciones de la vida real que empresarios ejecutivos han enfrentado, están enfrentando o enfrentarán. Al analizar los casos, los estudiantes

se ponen en el lugar del manager, interpretando la situación, planteando soluciones, y resolviendo el caso para presentarlo en clase y fundamentar sus conclusiones. [2]

Como sostiene [4], un caso busca describir una situación de una organización en un momento determinado, con el objetivo de que los estudiantes realicen un análisis exhaustivo y definan los problemas que en ella observan. A partir de entonces, deben esbozar diversas líneas de acción, escoger aquella que le parezca más oportuna y diseñar un plan realista para su puesta en práctica.

Esta metodología ayuda a los estudiantes a agudizar sus habilidades analíticas, ya que deben producir evidencia cuantitativa y cualitativa para respaldar sus recomendaciones. En las discusiones de casos, los instructores desafían a los participantes a defender sus argumentos y análisis. Perfeccionan tanto la resolución de problemas como la capacidad de pensar y razonar rigurosamente. [2]

Como lo señala [5] “*el caso de estudio está pensado para compensar la no siempre disponible experiencia real que aporta la vida y para reforzar cualquier método convencional de formación*”. En esta experiencia la intervención del docente se ve plasmada como orientador de la discusión al presentar y promover el caso, lo cual les permite a los estudiantes la participación como agentes activos en su proceso de aprendizaje y sin duda aporta a promover la educación científica de los mismos. [6]

2.2. Conceptos claves para el análisis del caso

En correlación con la contribución del caso de estudio y los objetivos de aprendizaje, se presentan cuáles son los conceptos claves necesarios para que los estudiantes puedan realizar un efectivo análisis del caso.

2.2.1 Transformación digital de los negocios

Las organizaciones son “*organismos vivos*”. Por eso, hablar de transformación digital implica no solo mencionar la transformación de los negocios, sino que inexorablemente involucra e impacta en todas las partes: dueños, gerentes, empleados y clientes/consumidores.

La transformación digital implica cambiar sin perder la identidad, aprovechando al máximo los datos obtenidos a través de múltiples fuentes para convertirlos en conocimiento. Este proceso atañe a todas las empresas por igual, e implica la fusión de lo físico y lo digital de una manera natural. No depende del tamaño del negocio ni de su industria. Se trata de una necesidad de todas las organizaciones que quieran competir en el mercado; y las que no se adapten serán superadas por los competidores que abracen este cambio. [7]

Al momento de definir este fenómeno, se puede afirmar que se trata de un proceso por el cual se aprovechan las soluciones digitales para hacer lo que se hacía antes, pero de manera más eficiente gracias al aprovechamiento de los datos, los cuales, analizados correctamente, devienen en conocimiento. Además, se basa en tres ejes fundamentales:

- 1) **Experiencia del cliente:**
 - ✓ Nuevos canales digitales
- 2) **Procesos operativos:**
 - *Visión y Liderazgo*
 - ✓ Capacitación digital
 - ✓ Cultura digital
 - ✓ Big Data
 - *Personas y Procesos*
 - ✓ Captación digital de talento
 - ✓ Digitalización de procesos
- 3) **Modelos de negocio:**
 - ✓ Globalización digital
 - ✓ Innovación digital

La verdadera transformación digital no es cuando se efectúa una venta por internet, sino cuando se utilizan apropiadamente las herramientas digitales para generar mayores ventas a través de cualquier canal. [7]

2.2.2 Operadores logísticos y comercio electrónico

Un operador logístico según Resa [8] es aquella organización que por encargo de su cliente diseña los procesos de una o varias etapas de su Cadena de Suministros, organiza, gestiona y

controla tales operaciones, utilizando para ello la infraestructura física, tecnológica y sistemas de información propios y ajenos, independientemente de que preste o no los servicios con medios propios o subcontratados. En ese sentido, el operador responde directamente ante su cliente de los bienes y servicios adicionales acordados en relación con éstos, y es su interlocutor directo.

Para Aguilar [9], un operador logístico es la empresa que lleva a cabo la planificación, implementación y control eficiente del flujo físico a través de la cadena de suministro, así como todos los servicios e información asociados a éste, desde el punto de origen hasta el de consumo, con el objeto de satisfacer los requerimientos del cliente.

En ese marco, según Chopra [10], el comercio electrónico beneficia a los operadores logísticos en las siguientes aristas:

Variedad de producto. A un negocio electrónico le es más fácil ofrecer una gran selección de productos que a una tienda física.

Disponibilidad del producto. Un negocio electrónico puede incrementar en gran medida la velocidad con la cual la información sobre la demanda del cliente se disemina a través de la cadena de suministro, dando oportunidad a realizar pronósticos más precisos.

Experiencia del cliente. Un negocio electrónico beneficia la experiencia del cliente en términos de acceso, personalización y conveniencia. A diferencia de las tiendas que están abiertas sólo durante las horas hábiles, un negocio electrónico permite el acceso a los clientes que no pueden hacer pedidos durante las horas comerciales.

El comercio electrónico puede incrementar la facilidad con la cual se hacen negocios, tanto para los clientes como para las compañías. Asimismo, puede ayudar a automatizar el proceso de compra, incrementando la velocidad para realizar negocios y disminuyendo el costo de colocar pedidos.

Menor tiempo para llegar al mercado. Una compañía de comercio electrónico puede introducir nuevos productos más rápido que una que usa canales físicos.

Visibilidad del pedido. Internet hace posible proporcionar visibilidad del estado del pedido.

2.3. Contextualización general: Emprendimientos

Un emprendedor es una persona que detecta una oportunidad y crea una organización, o la adquiere, o es parte de un grupo que lo hace para desarrollarla. El proceso emprendedor comprende todas las actividades relacionadas con detectar oportunidades y crear organizaciones para concretarlas. [11]

El entrepreneurship es un motor importante del crecimiento económico y la creación de empleos. Pocos cambios habría en los países emergentes sin un aumento de la actividad de los emprendedores.

Para ilustrar las diferencias entre el perfil del administrador y del emprendedor, es útil considerar las bases que definen el perfil de algunos profesionales del mercado. Para ello, Timmons [12] considera una matriz de 2 x 2 formada por diferentes grados de uso de la creatividad y de la capacidad de administrar negocios.

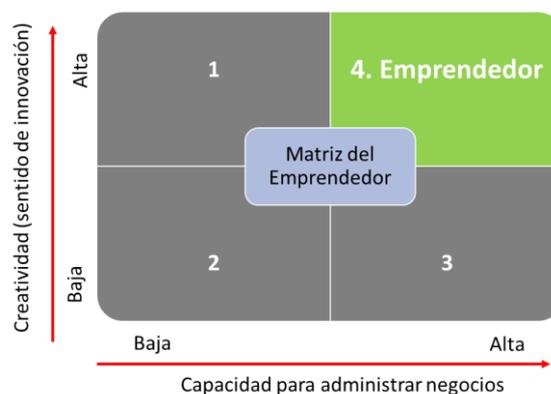


Figura 1 *Matriz del Emprendedor.* Fuente: *Elaboración propia a partir de Timmons, J.A [12]*

Como se puede observar en la figura, el cuadrante 4 está ocupado por el emprendedor. Este profesional suma la capacidad creativa con la capacidad del administrador, es decir, desarrolla

sus actividades usando un alto grado de capacidad inventiva (creativa) y también de administración de negocios. Por la capacidad creativa, avanza, asume riesgos, se atreve; y por el uso de la capacidad de administración consigue eficiencia y eficacia, al crear soluciones a los problemas enfrentados por las empresas, las personas y la actividad económica.

Considerándose ambos aspectos o pilares que definen el perfil general del emprendedor exitoso, puede decirse que es una persona que sabe planificar estratégicamente y que busca la competitividad mediante la valorización de la productividad y la calidad. Además de requerir capacidad administrativa y búsqueda de información para la toma de decisiones, implica ser creativo para enfatizar en el planeamiento y las decisiones estratégicas, las cuales deben contar con un buen grado de información.

3. METODOLOGÍA.

El desarrollo del caso pedagógico de estudio del presente trabajo está basado e inspirado en un emprendimiento personal del primer autor de este trabajo. A fin de evitar cualquier tipo de promoción y publicidad del mismo o beneficio propio mediante su nombramiento y difusión en el presente trabajo, posteriormente se procederá a determinar un nombre ficticio de la empresa en la sección *Descripción del caso*.

Los conceptos claves para el análisis del caso especificados anteriormente, son consecuencia directa del entrelazamiento entre diversos contenidos de la carrera de Ingeniería Industrial, tales como emprendedorismo, marketing y cadena de suministro. Si bien el caso abarca tanto la etapa constitutiva del emprendimiento, como su desarrollo, crecimiento y proyección, a través de 6 (seis) secciones, en el presente trabajo dada la extensión de las mismas, se presentará una de ellas, quedando a disposición los autores para enviar la descripción del caso íntegro, previo contacto por mail citado en el encabezado del presente trabajo.

Procedimiento y fuente de datos

El presente caso de estudio exhibe un método de investigación cualitativa, a través de la descripción y análisis detallados del accionar de un emprendimiento. El planteamiento cualitativo está orientado a aprender de experiencias y puntos de vista del caso, valorando procesos y generando nuevos conceptos y razonamientos en las perspectivas de los participantes.

La propuesta metodológica es descriptiva, ya que su objetivo es describir situaciones y eventos. Esto es, decir cómo es y se manifiesta determinado fenómeno, midiendo y evaluando diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a estudiar.

Particularmente, en el presente trabajo, y apoyada en los conceptos introducidos por Yin [13], la metodología del desarrollo del caso se llevará a cabo con la siguiente estructura propuesta por Shaw [14]:

1. Análisis en sitio:

La recolección de información del presente trabajo se realizará en base a la experiencia propia y a través de las siguientes fuentes de datos de manera directa, fehaciente y transparente, al tratarse del mismo dueño donde proviene la información:

- Base de datos del emprendimiento personal
- Recopilación de información a partir de observación y expertise en el rubro
- Información financiera y balances
- Detalle de clientes, composición, cantidad y características
- Encuestas y sondeos realizados durante la existencia del emprendimiento

Si bien la información recolectada es de fuente directa a través del autor, los datos financieros, información de clientes, ingresos, costos, etc, serán adaptados sutilmente para aprovechar al máximo el aspecto pedagógico.

2. Transcripción de los Datos

“Es recomendable hacer una lectura y relectura de la información disponible, con el propósito de que el investigador se familiarice con los datos e iniciar el proceso de estructuración y organización de los mismos dentro de las respectivas dimensiones, variables y categorías, lo cual induce a la comprensión del problema de investigación”. [14]

Para la realización del presente trabajo, al tratarse de un emprendimiento personal, la mayor parte de la información mencionada en el ítem precedente, ya se contaba de manera explícita y ordenada.

3. Foco del análisis

“En esta etapa, el investigador se centra en las áreas de interés que conduzcan a la comprensión del problema, a través de la concentración de los datos recolectados”. [14]

En el desarrollo del caso de estudio, se buscó abordar a partir de la información recolectada, diversos conceptos claves sobre emprendedorismo, marketing y logística, que se podrían relacionar con el dictado de la carrera de Ingeniería Industrial y carreras afines.

4. Análisis profundo de la información

“Una vez desarrollada la etapa anterior se procede a efectuar un análisis profundo de la información, con el propósito de interpretar las relaciones encontradas entre las categorías establecidas con base en el marco teórico y los datos obtenidos, e intentar explicar por qué existe dicha relación, lo cual conduce a la comprensión del fenómeno estudiado (conceptualización)”. [14]

Al desarrollar este trabajo, se llevó a cabo una categorización, jerarquización y procesamiento de la información recabada, en pos de definir el propósito del caso, en función de los aprendizajes que se desean extraer del mismo, teniendo cada una de las 6 (seis) secciones mencionadas, un objetivo de aprendizaje diferente.

5. Elaboración del caso

“Por último, el investigador está en condiciones de producir un trabajo que proporcionará una comprensión válida del problema presentado.” [14]

El presente trabajo aborda el análisis y resolución a través de los dos primeros tipos de casos: centrado en el estudio de descripciones (A), y en la resolución de problemas (B). Además, según el criterio de Núñez Martín, A. [4] existen dos tipos estándar en los casos: (1) decisión-forzada (o acción-forzada), en los que una persona u organización se enfrenta a un problema que requiere una decisión; el caso termina con decisión; (2) retrospectiva, que cuenta la historia completa, incluyendo qué decisión o acción fue tomada.

Respecto a la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de Olavarría, uno de los objetivos específicos es que los egresados realicen una síntesis coherente y organizada de los conocimientos y metodologías propias de la profesión que les permita generar nuevas ideas, planes, proyectos y emprendimientos.

Asimismo, se destaca que la gestión de negocios es una necesidad explícita en el espectro globalizado del mundo actual, la capacidad de gestión y emprendimiento del egresado es un carácter distintivo que lo debe llevar a concretar sus competencias en el mundo laboral.

Además, el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) considera dentro de las condiciones curriculares comunes para las carreras de Ingeniería, y de las competencias genéricas de egreso:

- Actuar con espíritu emprendedor
- Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de bienes y servicios

4. DESCRIPCIÓN DEL CASO

BuscaProp: emprendedorismo y marketing

4.1. Introducción

En el año 2016, a nivel global, la tendencia hacia lo digital, de internet, los smartphones y el e-commerce se encontraban en pleno auge. En este contexto, Luciano Frido, un joven de 25 años de la ciudad de Olavarría – Provincia de Buenos Aires - recientemente graduado de Ingeniero Industrial, con experiencia en empresas multinacionales como Techint, Coca-Cola y Gillette (Procter&Gamble), en el área de Finanzas, Recursos Humanos y Supply Chain, respectivamente, decide evaluar la posibilidad de emprender, de manera paralela a sus labores como docente universitario.

Estimulado por su falta de interés y escaso sentido de pertenencia en las multinacionales, y en pos de lograr libertad e independencia laboral, decide salir de su zona de confort y comenzar con un nuevo plan de negocios personal. Motivado con la idea, decide invitar para unirse como consultor a su amigo Nicolás Dromen, oriundo de Buenos Aires y recientemente graduado de la carrera Licenciatura en Marketing, con antecedentes laborales en pymes del rubro.

De esta manera, se enfocan en detectar una oportunidad, proponer una solución innovadora, y llevarla a cabo. Debido a su afición a los viajes y contribuyendo al concepto de nómada digital, el Ingeniero le comentó a Nicolás: “debemos enfocarnos en encontrar algún modelo de negocio que una vez funcionando el emprendimiento permita poder gerenciarlo y administrarlo a distancia, de manera remota”.

Así emerge BuscaProp, una plataforma web para el mercado inmobiliaria y empresas afines, ofreciendo comercialización B2C: business to customer (negocio a consumidor) sin intermediarios. Son diversas las vicisitudes y desafíos que desde la etapa de constitución, desarrollo y crecimiento han atravesado el fundador en conjunto con su colaborador.

Desde el comienzo, durante una reunión surgió el primer dilema. El licenciado Dromen sentenció: “tendríamos que focalizarnos en desarrollar un producto de excelencia, atractivo, de óptima calidad, para atraer a los nuevos clientes”. En contraposición, Luciano afirma: “deberíamos focalizarnos en poder lanzar un prototipo inicial, con lo básico, para sondear el mercado y adaptar nuestro producto a sus necesidades...”

Ese fue el primer debate de varios, donde a lo largo del tiempo y a medida que el emprendimiento se fue afianzando tuvieron que ir decidiendo cuestiones cruciales: qué estrategia de precio aplicar; cómo segmentar, focalizar y posicionar a BuscaProp; qué objetivos estratégicos perseguir; cómo satisfacer a un e-customer (cliente digital); y cómo crecer, diversificarse y escalar.

4.2. El modelo de negocio

El *core-business* del emprendimiento consiste en la suscripción mensual de Inmobiliarias (Clientes) para que de manera autónoma y autoadministrable publiquen sus propiedades disponibles. De esta manera, y tal como lo afirma su creador: “se les ofrece a las inmobiliarias y empresas una plataforma ágil, dinámica e interactiva, donde los consumidores (potenciales compradores o inquilinos) pueden filtrar y elegir sus propiedades”. Respecto a las ventajas, enuncia: “pueden buscar rápidamente según el tipo de propiedad, estado: alquiler/ venta/ apto crédito, ciudad, barrio, precio, además de la posibilidad de ver sus correspondientes fotos, Google Maps, Street View⁴ y poder enviar un formulario web para que lo contacten desde la inmobiliaria”.

4.3. BuscaProp y la Transformación Digital

La idea de Luciano acerca del emprendimiento nació como una alternativa a la clásica propuesta de competir en el espacio existente en el mercado (avisos clasificados en el diario), dando lugar a una disrupción del modelo creando un espacio sin competencia en el mercado. El fundador se inspiró en otras mutaciones de negocio tradicional hacia lo digital, como se muestra en la Tabla:

Tabla 1 Transformación digital. Fuente: Elaboración propia a partir de Slotinsky, D. J [7].

Sector	Negocio Tradicional	Negocio Digital
Cinematográfico		NETFLIX
Fotografía		
Transportes		
Inmobiliario Local	Clasificados diario	BuscaProp

A raíz de esta transformación digital en los negocios nace un nuevo tipo de cliente: *e-customer*, el cliente del comercio electrónico. Cautó y aplicado, para estar mejor preparado y complementar su formación como Ingeniero Industrial, el Ingeniero Frido le consulta sobre el tema a su colaborador, quien le explica: “Eso lo estudié en la Facultad. En el libro de Marketing de Rico y Dorio [15], sostienen que:

⁴ Proporciona imágenes panorámicas a nivel de calle, permitiendo a los usuarios ver partes de las ciudades seleccionadas y sus áreas metropolitanas circundantes

“El cliente no compra ni quiere productos y servicios, lo que compra y quiere es que el proceso o los procesos que intervienen le agreguen el valor que él desea y reconoce.

El cliente es parte de los procesos de negocios, y el negocio es parte del proceso del cliente. Es muy importante entender cabalmente lo que el e-customer necesita.

Dentro de las necesidades y expectativas se destacan:

- *Accesibilidad rápida*
- *Alto desempeño, en el cual sea muy rápido pasar de una página a otra*
- *Las experiencias negativas que generan insatisfacción se potencian”.*

Luciano le agradece, hace una pausa, y se pone a pensar qué acciones puede realizar desde BuscaProp para favorecer los ítems anteriores.

Prosiguió por su cuenta, con la lectura descubriendo nuevos conceptos de los mismos autores en idéntico libro:

‘La gran maravilla del comercio electrónico es que permite la interactividad sin considerar distancias ni horarios. La distancia entre el cliente y el comercio consiste en sólo pulsar algunas teclas, y cuantas menos teclas se pulsen mejor.

El costo de una transacción está compuesto por tres factores:

- *El costo de la búsqueda: encontrar lo que se necesita consume tiempo y recursos*
- *El costo de contratar y negociar: cada vez que se compra algo, el consumidor tiene que decidir dónde y a quien hacerlo*
- *El costo de coordinar: el proveedor debe coordinar con el consumidor cómo quiere el producto, cuándo y dónde. Este proceso de entendimiento tiene muchas veces costos ocultos.*

Internet ha llevado prácticamente a cero todos estos costos. Por eso, en el mundo virtual, se pueden ofrecer los productos/servicios a un precio mucho más bajo.’

El fundador se quedó reflexionando, atónito, del potencial que tiene el emprendimiento, y pensó qué características del mismo le permiten minimizar los costos involucrados para cada uno de los tres factores:

Búsqueda

- 100% online
- A través de smart phone, smart TV, computadora o Tablet (diseño responsivo)
- No hay necesidad de trasladarse físicamente para realizar la búsqueda
- Agilidad: búsqueda avanzada con filtros para encontrar rápidamente
- Precisión: búsqueda avanzada con mapa interactivo
- Posibilidad de ordenar la búsqueda de manera ascendente o descendente, según precio, metros cuadrados, n° de dormitorios
- Código QR exhibido en cada Inmobiliaria suscripta a BuscaProp para que los clientes visiten el portal en la sala de espera

Contratar y negociar

- Datos de la inmobiliaria para contactarse rápidamente
- Formulario de contacto web disponible para cada propiedad
- Posibilidad de ver oferta completa de las propiedades en BuscaProp y reconocer un precio de referencia de bienes similares

Coordinar

- Posibilidad de observar la propiedad y su entorno 360° con Google Street View (evitando coordinar por propiedades que finalmente no son del interés del cliente)
- Posibilidad de coordinar de forma online con el cliente y de ir presentando información digital a través del formulario de contacto web

Por otro lado, estos conceptos de transformación digital le hicieron reflexionar al emprendedor respecto al sistema de cobro de suscripciones. La cobranza de las mismas se realizó desde los comienzos a través de la visita mensual a la Inmobiliaria o dependiendo del período de pago elegido por el cliente (bimestral, trimestral, semestral, anual).

Este proceso fue crítico desde los comienzos, ya que insumía mucho tiempo y preparación, con una elevada tasa de rebote debido a la no presencia del dueño al momento del cobro o de la falta de efectivo. Además, hay que añadirle un importante tiempo de espera en las inmobiliarias hasta que se desocupaba el dueño de los clientes a los que estaba atendiendo en el momento. A partir del anterior análisis, Luciano decide transformar el negocio digitalmente y mutar hacia cobranzas online.

La tecnología que se aplicó para la cobranza digital de suscripciones es un sistema de cobro/pago digital con el objetivo de automatizarlo y facilitarle al cliente las posibilidades de abono.

En palabras de su propio fundador, “desde *BuscaProp*, se ofrece a los clientes diversos métodos de pago digital, para comodidad de las inmobiliarias, que no requieren salir de sus oficinas tales como: transferencia bancaria por home banking, tarjeta de débito, tarjeta de crédito, dinero de monedero virtual; además de las opciones que implican salir de sus oficinas: canales de cobranza en efectivo extrabancario (*Rapipago*, *PagoFácil*, *Bapropagos*), cajero automático, depósito bancario presencial”.

Estas facilidades precisaron de un desarrollo de programación y adaptación del sistema informático para ofrecer esa nueva modalidad. El proceso de implementación requirió comunicación hacia los clientes, capacitación/enseñanza para el nuevo modo de pago, desarrollo de la web con una sección especial de cobranza, facturación electrónica y una eficaz difusión de descuentos y beneficios al adherirse a la modalidad digital.

5. TEACHING NOTE (IMPLICANCIAS PARA LA DOCENCIA)

Con el objetivo de soslayar su difusión, publicidad o eventual beneficio lucrativo a través de su nombramiento y mención en el presente trabajo, se procedió a establecer un nombre ficticio de la empresa: “*BuscaProp*”, perteneciente al ecosistema de e-commerce y marketing digital. La misma desarrolla sus actividades a través de un portal web de propiedades del rubro inmobiliario.

En el desarrollo del caso, se procura reflejar cronológicamente los mismos desafíos y dificultades con las que se encontró el autor en la constitución y desarrollo del emprendimiento. Se realiza la descripción de situaciones problemáticas de la realidad del emprendimiento, e inmediatamente después se solicita analizar las opciones, decisiones, variables, y escenarios.

5.1. Organización de la Clase

El aprendizaje semipresencial (*Blended Learning*) es la combinación del trabajo presencial (en el aula), y del trabajo *on line* (combinando Internet y medios digitales), donde los estudiantes pueden controlar algunos factores como el lugar, momento y espacio de trabajo. Esta opción genera especial interés en el contexto pandémico por COVID-19 vigente al momento de la redacción del presente trabajo, donde el sistema de cursado en las universidades es virtual, considerando que a futuro y en el marco de una eventual pandemia extinguida el aspecto virtual en la enseñanza continuará acentuándose.

Para la organización de la clase se propone el siguiente esquema de trabajo:

- Instancia asincrónica
 - Apertura de Foros en plataforma virtual o Moodle, favoreciendo el intercambio de opiniones, posturas y análisis, con la guía y moderación del docente a cargo.
 - Prevalencia de secciones de análisis Retrospectivo
 - Tiempo estimado: 1 semana
- Instancia sincrónica
 - Prevalencia de secciones de análisis de Acción Forzada

Para la presente instancia se proponen dos variables, o la adopción de una combinación de las mismas, dependiendo del número de estudiantes y las preferencias del docente:

- a) Debate colectivo grupal, a través de posturas individuales de los estudiantes, análisis de las variables, opciones, y decisiones, con la moderación del docente plasmando ideas centrales y aspectos claves en pizarrón físico o virtual.
- b) Debate colectivo en subgrupos, donde el docente va rotando y moderando la interacción de cada uno de ellos secuencialmente. Esta posibilidad es factible tanto en la presencialidad, al sectorizar el aula, como así también en la virtualidad al realizar videoconferencias simultáneas donde el docente va alternando entre las salas.

5.2. Discusión y Recomendaciones para la acción

En esta sección, se procede a exponer las soluciones propuestas y lineamientos para quienes actuarán como facilitadores de las discusiones.

Los docentes a utilizar el caso de Estudio, pueden optar por transmitir las preguntas claves de discusión previamente a la Clase. Estas mismas tienen el objetivo de servir como guía y orientación para analizar el caso.

- *¿Qué acciones particulares pensás que se realizaron en BuscaProp en función de las necesidades y expectativas del nuevo cliente: e-customer / cliente electrónico descriptas por Nicolás a través del libro Rico y Dorio [15]?*

En la tabla se manifiestan diversas implicancias y acciones en función de las necesidades y expectativas del e-customer.

Tabla 2. e-customer y BuscaProp. Fuente: Elaboración propia a partir de (Rico, Dorio, 2005)

Necesidades y expectativas	¿Qué implican?	Acción particular de <i>BuscaProp</i>
Accesibilidad rápida	Conocimiento de las necesidades y expectativas son diferentes. No es lo mismo el cliente que se inicia que el especialista en el tema	Tutorial digital ó Visita a la oficina e inducción/capacitación, según nivel de adiestramiento tecnológico de cada cliente
Alto desempeño, en el cual sea muy rápido pasar de una página/interfaz a otra	Que se entienda que la fidelidad se pone en juego y que se consigue, o no en cada nueva interacción	Simplicidad de Interfaz de accesos directos a todos los comandos y pestañas, posibilidad de hacer búsqueda avanzada en todas las páginas de <i>BuscaProp</i>
Las experiencias negativas que generan insatisfacción se potencializan	El competidor está a un click de distancia	Atento a feedback y comentarios en redes sociales, rating de Google My Business

- *¿Qué efecto pensás que tuvo en la cadena de suministro lograr el comercio electrónico en BuscaProp a partir de la figura del e-customer?*

Al lograr el comercio electrónico, BuscaProp se consolida como un operador logístico, generando los siguientes beneficios en la cadena de suministro, tal como afirma Chopra [10]:

Ventas directas a los clientes. El comercio electrónico permite que los fabricantes y otros miembros de la cadena que no tienen contacto directo con los clientes en los canales tradicionales incrementen sus ventas al evitar a los intermediarios y venderles directamente a los consumidores finales.

Información. El comercio electrónico comparte la información de la demanda a lo largo de su cadena de suministro para mejorar la visibilidad. Internet también puede emplearse para compartir la planeación y los pronósticos dentro de la cadena, mejorando aún más la coordinación entre las partes interesadas, socios, clientes y proveedores.

Instalaciones. El comercio electrónico reduce los costos de la red de instalaciones al centralizar las operaciones, porque disminuye el número de instalaciones requeridas.

- *¿Qué impacto pensás que tuvo transformar el negocio digitalmente en el aspecto de las cobranzas? ¿Cuáles serían las mediciones e indicadores representativos? ¿Encontrás algún impacto ambiental?*

Respecto a la digitalización de las cobranzas de BuscaProp, en la siguiente tabla se manifiesta el impacto logrado:

Tabla 3. Factores cruciales de éxito e indicadores para la cobranza digital. Fuente: Elaboración propia

Cobranza digital de suscripciones	
Factor crucial de éxito	Medición e indicadores cruciales
Tiempo libre personal para pensar en lo estratégico y ejecutarlo	Nuevos emprendimientos del fundador, expansión del negocio
Satisfacción de los clientes debido a la multiplicidad de opciones de pago y descuentos por pago digital	Satisfacción a través de encuesta Métricas de Fidelización de clientes Vida Media de Cliente (VMC) Tasa de retención (TR) Tasa de deserción (TD)
Facturas digitales	Cero Papel, % ahorro insumos (papel, impresiones)
Menor consumo de combustible	Huella de carbono

Como se puede observar en la Tabla 3, los últimos dos factores cruciales de éxito involucran aspectos ambientales y sostenibles, comprometiéndose a colaborar con la política de cero papel, disminución de la huella de carbono.

3. CONCLUSIONES.

Se puede afirmar que, a partir del caso pedagógico elaborado, de la dinámica planteada en la Teaching Note, y de su potencial implementación se lograría: planificar estrategias para la fidelización de clientes; Transformación Digital de los Negocios

Exhibe claramente la aplicabilidad de los contenidos y conceptos pertenecientes a carreras y cursos que incluyan temas contenidos de emprendedorismo y marketing, y el impacto que los operadores logísticos generan en ellos, sumado a la puesta en práctica de los mismos a un caso real, enfocado a través de la toma de decisiones de gestión.

Además, como consecuencia de la potencial ejecución del caso pedagógico de estudio se conseguiría presentar a los estudiantes e inspirar una de las posibles salidas laborales en el marco de la migración de un diseño curricular hacia un Modelo de Formación por Competencias en Ingeniería y sus competencias genéricas para egresados de las carreras de Ingeniería: actuar con espíritu emprendedor.

La dinámica de aplicación del caso, se concluye que está basada en el contexto pedagógico actual, ofreciendo dos posibles estrategias. Por un lado, se sugiere Blended Learning de especial interés en el contexto pandémico por COVID-19 vigente al momento de la redacción del presente trabajo, donde el sistema de cursado en las universidades es virtual pudiendo mantenerse parcial o totalmente esa tendencia a futuro. Por otro lado, también está la posibilidad de clases presenciales o sincrónicas, formando subgrupos y debates, con comentarios y feedback a cargo del docente, teniendo en cuenta una eventual vuelta a la presencialidad.

El deseo es que este trabajo sirva de orientación a aquellos profesores que quieran iniciarse en la utilización de casos de estudio como metodología de aprendizaje o para quienes ya la emplean como una nueva herramienta para implementar en sus cursos. Se pretende contribuir con las universidades como formadora de seres humanos y creadora de ciencia y tecnología.

4. REFERENCIAS.

- [1] Apellido, Nombre; Apellido, Nombre. (Año de publicación). *Título del libro*. Lugar de edición. Número de la edición. Editorial. Lugar de impresión.
- [2] Apellido, Nombre; Apellido, Nombre. (Año de publicación). "Título del artículo". *Nombre de la Revista o Journal. Volumen, número de fascículo, páginas*. Lugar de publicación.
- [3] Apellido, Nombre; Apellido, Nombre. (Año de publicación). "Título del artículo". *Nombre del Congreso o reunión académica donde se presentó*. Ciudad, país.
- [1] Bruner, J.S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge Mass: Harvard University Press.
- [2] Andreu et.al.(2004). *Método del caso: Ficha descriptiva y de necesidades*. Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] Hammond, J.(2002). *Learning by the Case Method*. Harvard Business School.
- [4] Núñez Martín, A. (2010). *Manual para la elaboración de un caso*. Instituto Nacional de Administración Pública. Gobierno de España.
- [5] Millán, D. (1997). *El estudio de caso como estrategia docente en de la Torre, S estrategias de simulación*. Octaedro. Barcelona. 1ª ed.
- [6] López, S. (2014). *El estudio de casos como estrategia de enseñanza y aprendizaje que promueven la educación científica*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina.
- [7] Slotinsky, D. J (2016). *Transformación digital: un proceso sin final*. Digital House, Coding School.
- [8] Resa, S. (2004). "La hora de la verdad para los operadores logísticos". *Revista Distribución y Consumo*, España, marzo-abril.
- [9] Aguilar, J.A. (2001). *Subcontratación de servicios logísticos*. Logis - Book, Barcelona
- [10] Chopra, S. Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México. 3º Edición. Pearson Educación. México.
- [11] Freire, A.. (2015). *Pasión por emprender. De la idea a la cruda realidad*. Penguin Random House Grupo Editorial S.A.
- [12] Timmons, J.A (1990). *New venture creation: Entrepreneurship in the 1990's*. 3ºEd. Homewood, IL: Irwin.
- [13] Yin, R. (2014). *Case study research: design and methods*. 5th ed. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publication, Inc.
- [14] Shaw, E. (1999). *A guide to the Qualitative Research Process: Evidence from a Small Firm Study*. Qualitative Market Research: An International Journal
- [15] Rico, R. Doria, E. (2005) *Retail Marketing: el nuevo marketing para el negocio minorista*. 2º Edición. Buenos Aires. Pearson Education.

Enlaces externos.

- ✓ Libro Rojo de CONFEDI - Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina Rosario - 1 de junio de 2018
https://www.ing.unlp.edu.ar/sitio/institucional/difusion/archivos/LIBRO_ROJO_DE_CONFEDI_estandares_de_segunda_generacion.pdf

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad de Ingeniería (FIO) – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), en el marco del proyecto "Diseño y planeación de procesos integrados en cadena de suministro" perteneciente al Dpto. de Ingeniería Industrial.

Por otro lado, el autor principal de este trabajo desea agradecer a Claudia Rohvein y Fabiana Ribas por su tiempo, dedicación, ayuda, y las certeras recomendaciones brindadas, durante el proceso de elaboración del presente trabajo.

También, agradecer a las autoridades de la Facultad de Ciencias Económicas (FCE) y de la Facultad de Ingeniería (FIO) de la UNICEN, por haberme brindado la posibilidad de cursar a través de una beca la Maestría en Administración de Negocios (MBA), cuyo Trabajo Final de Maestría es la base para el presente trabajo.

Finalmente, al Ministerio de Educación de la Nación Argentina a través del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), por otorgarme una Beca Doctoral que estimula mi formación e investigación.

Experiencia de la Facultad de Ingeniería de la UNLP durante la pandemia por COVID-19: Cátedras de Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos

Pendón, Manuela, Couselo Romina, Williams Eduardo, Cibeira Natalia

UIDET FyEP, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata
manuela.pendon@ing.unlp.edu.ar, fyeproyectos@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

La educación universitaria fue afectada por la pandemia, la cual provocó cambios en la forma de dictar clases y obligó a los docentes a replantearse la didáctica en el aula. La consecuencia central del aislamiento para los alumnos y docentes fue el desafío de adaptarse rápidamente a la sustitución de las clases presenciales por nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, bajo una modalidad virtual, para evitar atrasos en el calendario académico.

Bajo este contexto, las cátedras de Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos redefinieron sus metodologías para organizar el trabajo docente, aprendizaje y enseñanza a la modalidad virtual.

El objetivo de este trabajo es presentar la organización y metodología utilizadas en las cátedras de Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos de la carrera de Ingeniería Industrial en el contexto de pandemia y aislamiento preventivo obligatorio. Así como exponer la utilización de los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje y los resultados y conclusiones obtenidos.

El desarrollo del trabajo destaca la metodología utilizada y herramientas en la organización de las cátedras, en las clases de teoría, en los trabajos prácticos y en comisión, la evaluación y los resultados de las encuestas por parte de los alumnos.

Palabras Claves: Virtualidad, Proyectos, Docencia, Pandemia, COVID-19

ABSTRACT

University education was affected by the pandemic, which caused changes in the way of teaching classes and forced teachers to rethink teaching in the classroom. The central consequence of isolation for students and teachers was the challenge of adapting quickly to the replacement of face-to-face classes with new forms of teaching and learning, under a virtual modality, to avoid delays in the academic calendar.

Under this context, the chairs of Financial Administration and Formulation and Evaluation of Projects redefined their methodologies to organize teaching, learning and teaching in virtual mode.

The objective of this work is to present the organization and methodology used in the chairs of Financial Administration and Formulation and Evaluation of Projects of the Industrial Engineering career in the context of pandemic and mandatory preventive isolation. As well as exposing the use of virtual teaching and learning environments and the results and conclusions obtained.

The development of the work highlights the methodology used and tools in the organization of the chairs, in the theory classes, in the practical work and in commission, the evaluation and the results of the surveys by the students.

Keywords: Virtuality, Projects, Teaching, Pandemic, COVID-19

1. INTRODUCCIÓN

La educación universitaria fue afectada por la pandemia, la cual provocó cambios en la forma de dictar clases y obligó a varias unidades académicas a replantearse la didáctica en el aula. Pasar a la virtualidad de manera repentina representó para docentes y alumnos un cambio de paradigma. La consecuencia central del aislamiento para los alumnos y docentes fue el desafío de adaptarse rápidamente a la sustitución de las clases presenciales por nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, bajo una modalidad virtual, para evitar atrasos en el calendario académico.

Las cátedras de Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos redefinieron sus metodologías para organizar el trabajo docente, aprendizaje y enseñanza a la modalidad virtual. Se realizó un planeamiento de mecanismos de comunicación sincrónicos y asincrónicos para el acompañamiento de los alumnos en el proceso de aprendizaje; digitalización del contenido, utilización de diversas herramientas para la enseñanza y aprendizaje virtual y se “transformó” las materias adaptándose al contexto de pandemia y el correspondiente aislamiento preventivo obligatorio.

Es posible que la virtualidad no sea algo pasajero. Quizás en la educación post pandemia estarán articuladas las enseñanzas presenciales y digitales. El desafío luego será determinar cuáles actividades será conveniente mantener de forma virtual y cuáles de forma presencial.

El objetivo del trabajo es presentar la organización y metodología de trabajo de las cátedras Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos de la carrera de Ingeniería Industrial en el contexto de pandemia y aislamiento preventivo obligatorio. Asimismo, busca exponer la utilización de los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje y los resultados y conclusiones obtenidos.

2. MARCO TEÓRICO

Enseñar y aprender son dos fenómenos distintos que, por supuesto, es esperable que estén vinculados en espacio, tiempo y forma. Se manifiestan en muchos casos en espacios y tiempos compartidos, como rezaba la definición tradicional. Pero, no siempre se dan en el mismo momento y lugar y, menos aún, uno es consecuencia directa y excluyente del otro. [1]

Desde los orígenes de los desarrollos de la didáctica se ha hablado de la tríada didáctica como la base para comprender las situaciones de enseñanza y aprendizaje. Estos tres elementos son el docente, el alumno y el contenido. Con la incorporación de tecnologías en educación, es necesario pensar en estrategias de enseñanza y formas de uso adecuado que posibiliten mejores vínculos con el conocimiento desde estos nuevos canales de comunicación. A partir de la década del 90, y con el aporte de diferentes teorías (lingüísticas, culturales y cognitivas), el acercamiento de la tecnología educativa y la didáctica fue mayor. Por ello el campo de la didáctica tecnológica se conformó como un cuerpo de conocimientos referidos a las nuevas prácticas de enseñanza [2].

Como docentes, nos ponemos de frente a la didáctica. ¿Cómo hacer para elegir las estrategias de enseñanza más acertadas? Identificar áreas problemáticas. Reconocer oportunidades de enriquecimiento. Descubrir nuevas posibilidades a través de las nuevas tecnologías. Inspirarse en las experiencias de los otros.

El término educación a distancia tecnológica puede ser adecuado para agrupar una cantidad muy grande de propuestas formativas virtuales, cuyo común denominador es que el medio dentro del que, o mediante el que, se desarrollan los procesos formativos no es un aula presencial, sino virtual. Un aula virtual se crea con medios tecnológicos e informáticos y se abastece de diferentes tecnologías de la información para proporcionar los contenidos al alumnado, y también diferentes tecnologías de la comunicación para ofrecer medios de comunicación a los miembros del aula [3].

Los objetivos de una auténtica alfabetización digital no pueden conseguirse mediante la simple introducción de unos contenidos curriculares y la enseñanza y el aprendizaje del manejo de unas herramientas tecnológicas. Es el conjunto del currículo el que debe ser revisado con el fin de adecuarlo a las necesidades formativas y las prácticas socioculturales [4].

En los últimos tiempos, el desarrollo de esta modalidad educativa a distancia tecnológica está poniendo en duda la propia diferenciación que ha habido tradicionalmente entre educación presencial y educación a distancia, e influye y hace replantearse muchos de los procesos educativos que se están dando actualmente en las aulas presenciales de educación superior, especialmente cuando se propone la combinación del uso del aula presencial y del aula virtual, lo que se ha convenido en denominar de forma generalizada «aprendizaje combinado» (blended learning). En este escenario formativo combinado, surge un conjunto de cuestiones por resolver de gran relevancia para la calidad de los procesos educativos que tienen lugar en esta modalidad, como son el manejo tecnológico del aula virtual, las competencias tecnológicas del profesorado y el alumnado, la gestión del espacio y el tiempo educativos, el diseño de los contenidos y el tipo de actividades formativas [3].

3. CÁTEDRA DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

Administración Financiera es una materia de cuarto año de la especialidad Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Tiene por objetivo

proporcionar los elementos conceptuales y técnicos básicos para el desarrollo de las funciones de análisis, planificación y gestión financiera propias de toda organización, con énfasis en el control y gestión de los costos, y en la selección y gestión de las fuentes internas y externas de financiamiento, y en su utilización.

La materia se dicta en el segundo semestre y por primera vez en el año 2021 se habilitó en el primer semestre para alumnos recursantes. En el segundo semestre del 2020 la cátedra tuvo 155 alumnos.

3.1. Organización de la cátedra

La plataforma utilizada por la cátedra para comunicaciones con alumnos fue Moodle.

Para una mejor planificación y organización de los alumnos, se puso a disposición desde el primer día de clases el cronograma de la materia Figura 1, que incluyó los temas de cada clase, y las fechas de los parciales.

P0709 - P1709 - Administración Financiera
Cronograma 2020

DÍA	CLASE	TEORÍA	PRÁCTICA
lunes, 7 de septiembre de 2020	1	Presentación de la materia. Decisiones de Administración Financiera. Introducción a los Estados Financieros. Representación Gráfica de los Estados Financieros.	Guía 1. Introducción a las Finanzas. Estados Financieros.
lunes, 14 de septiembre de 2020	2	Utilización de los estados financieros. Orígenes y aplicaciones del efectivo. Estados financieros estandarizados. Análisis de razones. Indicadores e Índices. Razones financieras. Representación Gráfica de los Ratios.	Guía 1. Introducción a las Finanzas. Análisis de razones.
lunes, 21 de septiembre de 2020		FERIADO	
lunes, 28 de septiembre de 2020	3	Presupuestos. Supuestos económicos. Una mirada al futuro. Métodos de pronóstico.	Guía 2. Presupuestos.
lunes, 5 de octubre de 2020	4	Costos. Clasificaciones. Métodos de Costeo. Valuación de Inventarios.	Guía 3. Costos
lunes, 12 de octubre de 2020		FERIADO	
lunes, 19 de octubre de 2020	5	Punto de equilibrio.	Guía 4. Punto de equilibrio Económico y Financiero
lunes, 26 de octubre de 2020		ABIERTO	
miércoles, 28 de octubre de 2020		PRIMER PARCIAL	
lunes, 2 de noviembre de 2020	1	Valor del dinero en el tiempo. Valor futuro e interés compuesto. Valor presente y descuento. Valuación de flujo de efectivo descontado. Valor futuro y presente de flujos de efectivo múltiples.	Guía 5. Valor tiempo del dinero
miércoles, 4 de noviembre de 2020		MUESTRA/RESOLUCIÓN DE PARCIAL Y CONSULTA	
lunes, 9 de noviembre de 2020	2	Valor Actual Neto, Tasa Interna de retorno. Período de Recupero Simple y Actualizado. Valuación de flujos de efectivo uniformes: anualidades y perpetuidades. Comparación de tasas: el efecto de la capitalización. Tasa nominal y Tasa efectiva.	Guía 6. Indicadores para evaluación de inversiones. Flujo de Fondos.
miércoles, 11 de noviembre de 2020		RECUPERATORIO PRIMER PARCIAL	
lunes, 16 de noviembre de 2020	3	Toma de decisiones de inversión de capital. Flujos de efectivo. Depreciación. Valor en libros versus valor de mercado.	Guía 6. Indicadores para evaluación de inversiones. Flujo de Fondos.
lunes, 23 de noviembre de 2020		FERIADO	
miércoles, 25 de noviembre de 2020	4	Costo promedio ponderado de capital. Apalancamiento financiero. Tipos de préstamos y amortización de préstamos.	Guía 7. Financiamiento propio. Costo de capital.
lunes, 30 de noviembre de 2020	5	Tablero de control de indicadores financieros.	Guía 8. Cuadro de mando integral.
lunes, 7 de diciembre de 2020		FERIADO	
miércoles, 9 de diciembre de 2020	6	REPASO	
lunes, 14 de diciembre de 2020		SEGUNDO PARCIAL	
lunes, 21 de diciembre de 2020		SEGUNDO PARCIAL Fecha alternativa	
miércoles, 23 de diciembre de 2020		MUESTRA/RESOLUCIÓN DE PARCIAL	
		Receso de verano	
miércoles, 10 de febrero de 2021		RECUPERATORIO SEGUNDO PARCIAL	
miércoles, 17 de febrero de 2021		MUESTRA/RESOLUCIÓN DE PARCIAL	
miércoles, 24 de febrero de 2021		FLOTANTE.	

Figura 1 Cronograma de clase AF. Fuente elaboración propia

3.2. Las clases de teoría

Por cada tema del cronograma, los docentes de la cátedra realizaron dos o más videos explicativos de no más de 20 minutos. Los videos se confeccionaron con Zoom o Power Point con audio luego se compartieron de forma oculta en un canal de youtube y se puso a disposición de los alumnos en Moodle el URL del video según cada clase del cronograma Figura 2.

Los videos combinaron conceptos teóricos y ejemplos de casos resueltos en Excel. Todos los temas del cronograma además de los videos, fueron acompañados por material de lectura y bibliografía recomendada.

Cada semana del cronograma se realizó, en el horario habitual de clases de teoría, la consulta correspondiente a cada tema a través de la plataforma Zoom, donde los alumnos consultaron las dudas y compartieron comentarios sobre los videos puestos a disposición con una semana de anticipación a la clase de consulta. Cada clase están presentes todos los docentes para evacuar las dudas o consultas sobre el tema correspondiente según cronograma.

A su vez por cada tema del cronograma se prepararon autoevaluaciones como cuestionarios de Moodle Figura 3 de no más de diez preguntas, para que los alumnos pudieran autoevaluarse en cada tema.

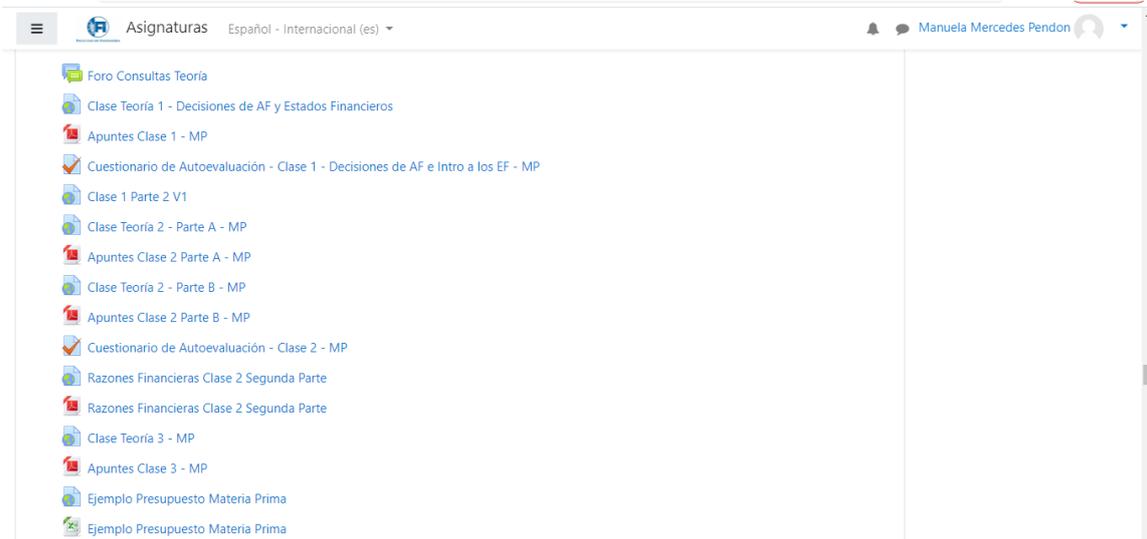


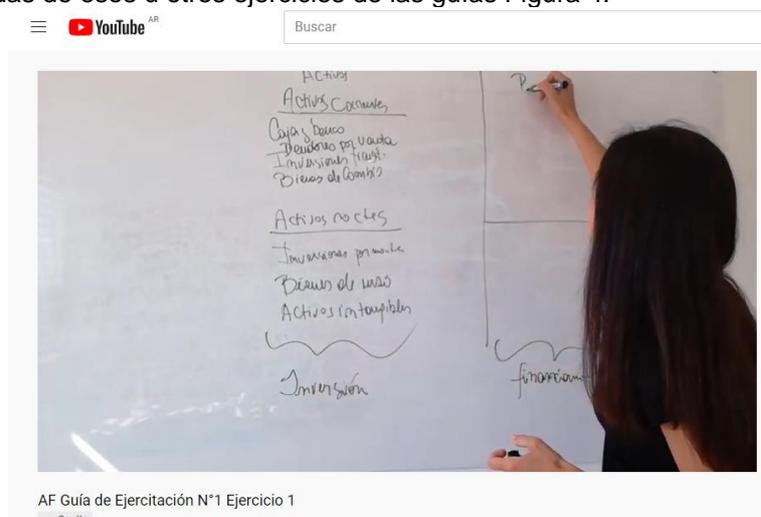
Figura 2 Captura de pantalla de material didáctico de teoría en Moodle de AF



Figura 3 Ejemplo de pregunta en cuestionario de autoevaluación armado en Moodle

3.3. Las clases prácticas

Cada tema teórico tiene su correspondiente Guía de Ejercitación. Los docentes de la cátedra realizaron videos explicativos de algunos de los ejercicios utilizando pizarras y marcador y luego en el horario habitual de consulta se habilitó una reunión por Zoom para que los alumnos pudieran consultar las dudas de esos u otros ejercicios de las guías Figura 4.



AF Guía de Ejercitación N°1 Ejercicio 1

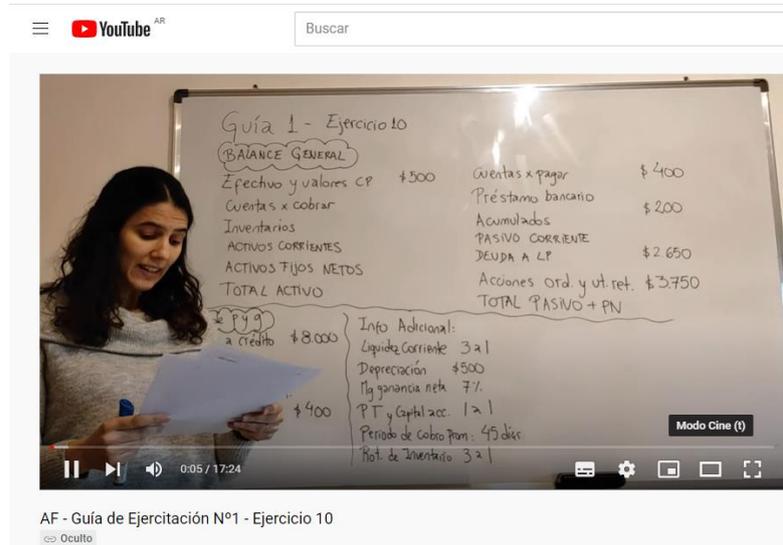


Figura 4 Videos de docentes resolviendo ejercicios de guías de ejercitación

De la misma forma que para cada tema teórico se prepararon guías de autoevaluación como cuestionarios de Moodle de no más de diez preguntas, para que los alumnos pudieran autoevaluarse y reforzar conceptos vistos en las guías de ejercitación.

3.4. Evaluación

La metodología de evaluación se rigió por lo dispuesto en la Ordenanza No 28 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. A mediados y al final del semestre se tomaron las evaluaciones parciales virtuales. Cada evaluación parcial tuvo una fecha de recuperación. Asimismo, al final del semestre, se tomó una evaluación "flotante". Las fechas de los exámenes se coordinaron a través de la Jefatura de Departamento de modo de evitar superposiciones con otras asignaturas del mismo semestre.

Las evaluaciones virtuales se realizaron por Moodle donde se habilitaron un cuestionario de conceptos teóricos y tres ejercicios prácticos para los cuales los alumnos debieron realizar la resolución escrita, ingresar la respuesta en un cuadro de interrogación y escanear y adjuntar las imágenes del ejercicio resuelto Figura 5.

+ Primer Parcial 28-10-2020 14:00 horas

No mostrado a los estudiantes

- + Teoría 14:00 horas
 - Se cuenta con 11 minutos para responder el cuestionario de 5 preguntas. Pasado ese periodo, el cuestionario se enviará automáticamente con las respuestas que se hayan dado hasta ese momento.
- + Ejercicio N° 1 14:15 hs a 14:45 hs
 - Se cuenta con 30 minutos para responder, debiendo seguir los siguientes pasos:
 1. Resolver en forma escrita el ejercicio, de igual modo que en un parcial presencial
 2. Cargar una respuesta en el cuadro de texto que se encuentra a continuación del enunciado, hacer click en Enviar y Terminar
 3. Escanear o fotografiar la resolución escrita del ejercicio.
 4. Una vez finalizada la evaluación, entre las 15:55 hs y hasta las 16:10 hs se deberán subir los archivos (en formato PDF o formato imagen (JPG; JPEG, etc.) a la tarea "ESCANEO DEL PARCIAL PRÁCTICO".
- + Ejercicio N° 2 14:50 hs a 15:30 hs
 - Se cuenta con 40 minutos para responder, debiendo seguir los siguientes pasos:
 1. Resolver en forma escrita el ejercicio, de igual modo que en un parcial presencial
 2. Cargar una respuesta en el cuadro de texto que se encuentra a continuación del enunciado, hacer click en Enviar y Terminar
 3. Escanear o fotografiar la resolución escrita del ejercicio.
 4. Una vez finalizada la evaluación, entre las 15:55 hs y hasta las 16:10 hs se deberán subir los archivos (en formato PDF o formato imagen (JPG; JPEG, etc.) a la tarea "ESCANEO DEL PARCIAL PRÁCTICO".
- + Ejercicio N° 3 15:35 hs a 16:00 hs
 - Se cuenta con 25 minutos para responder, debiendo seguir los siguientes pasos:
 1. Resolver en forma escrita el ejercicio, de igual modo que en un parcial presencial
 2. Marcar las respuestas correctas, hacer click en Enviar y Terminar
 3. Escanear o fotografiar la resolución escrita del ejercicio.
 4. Una vez finalizada la evaluación, entre las 15:55 hs y hasta las 16:10 hs se deberán subir los archivos (en formato PDF o formato imagen (JPG; JPEG, etc.) a la tarea "ESCANEO DEL PARCIAL PRÁCTICO".
- + "ESCANEO DEL PARCIAL PRÁCTICO" 15:50 hs a 16:10 hs
 - 1. subir los archivos (en formato PDF o formato imagen (JPG; JPEG, etc.) a la tarea "ESCANEO DEL PARCIAL PRÁCTICO".

Figura 5 Estructura Primer Parcial en Moodle AF

3.5. Encuestas de Cátedra

Debido a la pandemia y sus restricciones y dificultades asociadas, todavía no se encuentra disponible el procesamiento de encuestas a los alumnos sobre la materia dictada en el segundo semestre del año 2020. Sin perjuicio de ello, a partir del relevamiento informal realizado a los alumnos al finalizar la materia y los resultados obtenidos respecto de alumnos promocionados, alumnos que fueron a final y alumnos que deben recursar la materia, puede observarse que se pudieron cumplir los objetivos en forma satisfactoria. De los ciento cincuenta y cinco inscriptos, el

85% promocionó la materia, el 10% abandonó (recursan) y el 5% aprobó la cursada y tienen que rendir examen final, Tabla 1.

Tabla 1 Resultados AF segundo semestre 2021

Cuenta de ALUMNO	
ACTA DE CURSADAS Nro 17976	Total
Abandonó	17
Final	7
Promocionó	131
Total general	155

4. CÁTEDRA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Formulación y Evaluación de Proyectos es una materia de quinto año de la especialidad Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Tiene por objetivo transmitir al alumno la capacidad de coordinar conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la carrera y a su vez enseñar herramientas específicas, para la preparación y evaluación de proyectos.

La cátedra cuenta con un equipo interdisciplinario formado por ingenieros en distintas especialidades y de ciencias económicas. Este equipo se encuentra trabajando en la materia desde el año 2009.

La materia, por ubicarse dentro de las últimas del programa, cubre aspectos directamente relacionados con las incumbencias y alcances del título de ingeniero industrial.

La materia se dicta en los dos semestres con una marcada diferencia en la cantidad de alumnos. En el primer semestre del 2020 la cátedra tuvo 122 alumnos mientras que en el segundo semestre tuvo 48 alumnos.

4.1. Organización de la cátedra

La plataforma utilizada por la cátedra para comunicaciones con alumnos fue Moodle.

Para una mejor planificación y organización de los alumnos, se puso a disposición desde el primer día de clases el reglamento y cronograma de la materia Figura 6, que incluyó los temas de cada clase, las fechas de entrega de los trabajos prácticos y las fechas de los parciales.

Cronograma P0712 - P1712 - Formulación y Evaluación de Proyectos
2020

Fecha	Temas
10/03 al 26/03	Introducción a la Formulación y Evaluación de Proyectos. Estudio de Mercado.
Semana 26/03 al 02/04	Proyección de la demanda. Pronósticos. Métodos causales. Series de Tiempo.
Semana 02/04 al 08/04	Estudio Técnico. 03/04/2020 Entrega NIVEL IDEA
Semana 09/04 al 15/04	Estudio Legal, Organizacional y Ambiental
Semana 16/04 al 22/04	Beneficios del proyecto. Cálculo del valor de recuperó.
Semana 23/04 al 29/04	Costos e Inversiones de un proyecto. Miércoles 29/04/2020 16 hs Consulta Primer Parcial
Semana 30/04 al 06/05	Miércoles 06/05/2020 PRIMER PARCIAL VIRTUAL
Semana 07/05 al 13/05	Capital de Trabajo. Cómo presentar un proyecto. Plan de Negocios. Miércoles 13/05/2020 16 hs Consulta Recuperatorio Primer Parcial.
Semana 14/05 al 20/05	Flujos de Fondos de empresas en marcha. Proyectos de reemplazo. Proyectos de ampliación. Proyectos de abandono. Miércoles 20/05/2020 RECUPERATORIO PRIMER PARCIAL VIRTUAL 20/05/2020 Entrega NIVEL PERFIL
Semana 21/05 al 27/05	Flujos de Fondos de empresas en marcha. Proyectos de internalización. Proyectos de externalización. Distintas alternativas de Financiamiento y su inclusión en el flujo de fondos.
Semana 28/05 al 03/06	Evaluación de inversiones ante incertidumbre. Análisis de Sensibilidad / Riesgo.
Semana 04/06 al 10/06	Evaluación social. Cálculo y Análisis de viabilidad económica. Indicadores. Proyectos de distintas vidas útiles. 10/06/2020 Entrega NIVEL PREFACTIBILIDAD
Semana 11/06 al 17/06	Análisis Optimizante de Proyectos.
Semana 18/06 al 24/06	EXPOSICIONES ORALES
Semana 25/06 al 01/07	Miércoles 01/07/2020 SEGUNDO PARCIAL VIRTUAL
Semana 02/07 al 08/07	Miércoles 08/07/2020 Consulta Segundo Parcial
Semana 09/07 al 15/07	Miércoles 15/07/2020 RECUPERATORIO SEGUNDO PARCIAL VIRTUAL

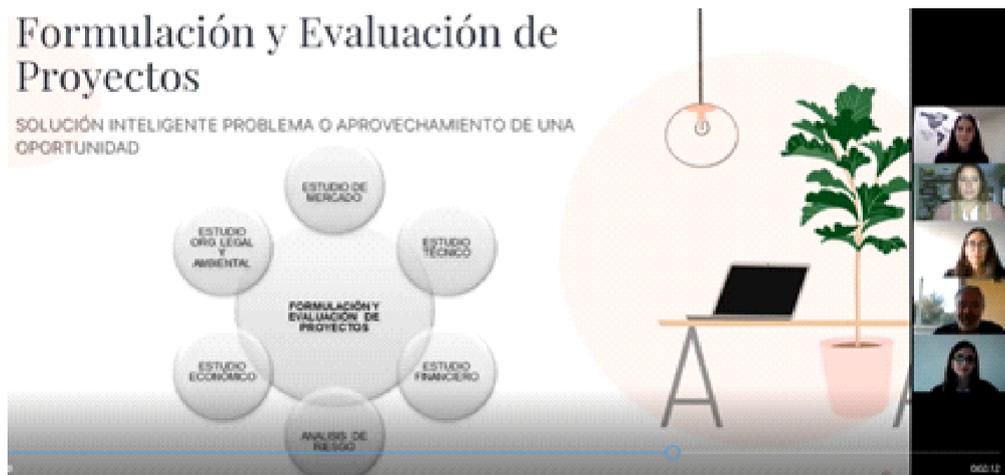
Figura 6 Cronograma de clase FyEP. Fuente elaboración propia

4.2. Las clases de teoría

Por cada tema del cronograma, los docentes de la cátedra realizaron dos o más videos explicativos de no más de 20 minutos. Los videos se confeccionaron con diferentes herramientas: Zoom, Power Point con audio, Loom, luego se compartieron de forma oculta en un canal de youtube y se puso a disposición de los alumnos en Moodle el URL del video según cada clase del cronograma.

Los videos combinaron conceptos teóricos y ejemplos de casos resueltos en Excel Figura 7. En algunos casos en los videos intervinieron más de un docente. Todos los temas del cronograma además de los videos, fueron acompañados por material de lectura y bibliografía recomendada.

Cada semana del cronograma se realizó, en el horario habitual de clases de teoría, la consulta correspondiente a cada tema a través de la plataforma Zoom, donde los alumnos consultan las dudas y compartieron comentarios sobre los videos puestos a disposición con una semana de anticipación a la clase de consulta. Las consultas fueron grabadas y los alumnos debieron ingresar con cámara y audio apagado, se les habilitó el chat o el audio para preguntar. Cada clase están presentes todos los docentes para evacuar las dudas o consultas sobre el tema correspondiente según cronograma.



Volumen de Producción =				
Carga	Cantidad (puestos)	Remuneración		Parcial Anual
		Mensual	Bruta unitaria Anual	
Dirección				
Presidente				
Gerente Gral				
Gerente Producción				
Administración				
Jefe Compras				
Ventas				
Producción				
Jefe				
Supervisores				
Operarios Especializados				
Total				

ET Costos e Inversiones 4 Personal

Figura 7 Videos de Clase utilizando Zoom

4.3. El trabajo práctico y encuentros de comisiones

Durante la materia los alumnos en comisiones de no más de ocho integrantes desarrollan la formulación y evaluación de un proyecto a elección. Este trabajo práctico se realiza con la guía de un grupo docente que semanalmente se reúne con el equipo para evaluar avances y resolver consultas. El trabajo práctico tiene tres entregas escritas y un video los cuales tienen nota que participan de la polinómica de la nota final.

Los encuentros virtuales de las comisiones formadas por tres docentes (un docente responsable y dos colaboradores) y entre 5 y 8 alumnos, se realizaron utilizando la plataforma Zoom con reuniones recurrentes semanales de 40 minutos con cada equipo. Los alumnos y docentes participaron con cámaras y audio prendidos. En el primer semestre cada docente tuvo 5 grupos a cargo, hubo 23 comisiones. En el segundo semestre este número se redujo por la cantidad de alumnos.

Las entregas obligatorias del Trabajo Práctico se realizaron a través de Moodle como entregas con vencimiento, Figura 8.

Entrega Trabajo Práctico Integrador

-  Entrega Nivel IDEA - 06/10/2020
-  Entrega Nivel PERFIL - 10/11/2020
-  Entrega Nivel PREFACTIBILIDAD - 08/12/2020
-  Exposición Trabajo Práctico Integrador 09/12/2020

Figura 8 Organización de las entregas prácticas en Moodle

Tabla 2 Detalle de los trabajos realizados por los alumnos en comisiones

Comisión	Video
Grupo 1: Pulsera médica de atención en el domicilio.	https://www.youtube.com/watch?v=y8NxWtiRR5I
Grupo 2: Kit Modular Integrado	https://youtu.be/vjuVNpDWFp4
Grupo 3: Football	https://youtu.be/q9yNiSmL_fc
Grupo 4: Matamosquitos ZEUS.	https://www.youtube.com/watch?v=hQqRreEP99s&feature=youtu.be
Grupo 5: SKINBED	https://www.youtube.com/watch?v=C6JGCERTt8A&t=1s
Grupo 6: Imprenta Tieri	https://www.youtube.com/watch?v=Nb51MsFYzoY&t=5s
Grupo 7: Cooperativa Huerta Verde	https://youtu.be/dz1D3Xh0A5M
Grupo 8: Apícola Vitale. Miel deshidratada.	https://youtu.be/GmfeVxUQCr0
Grupo 9: DECORE Productos reciclados.	https://www.youtube.com/watch?v=cHTND0tbhaA
Grupo 10: Silic. Bolsas plásticas	https://youtu.be/JkpLELFGTdk
Grupo 11: Estanques de PVC.	https://www.youtube.com/watch?v=vNH0fG9gwV4&feature=youtu.be

Grupo 12: Máquina expendedora farmacéutica inteligente MEFI.	https://youtu.be/ra59rBPwmzo
Grupo 13: Nutremas – agro nutrición extra.	https://www.youtube.com/watch?v=QWi-wb4s2AM&t=6s
Grupo 14: Software para gestión de empresas.	https://www.youtube.com/watch?v=f3Qy3KBXOGA&t=3s
Grupo 15: Extrapolate. Productora de Turismo	https://www.youtube.com/watch?v=fTpoMXYCjKY
Grupo 16: Tapas dosificadoras con bomba.	https://www.youtube.com/watch?v=t35Vg7QUY9Y
Grupo 17: Remodelación Granja Parra.	https://www.youtube.com/watch?v=LbC-HhHf3w&feature=youtu.be
Grupo 18: Blockit.	https://www.youtube.com/watch?v=0U0agBWvK4A&feature=youtu.be
Grupo 19: Radha colors.Venta de polvos, pinturas ecológicas fluorescentes y glitter ecológico	https://www.youtube.com/watch?v=2ISHISDviTc
Grupo 20: Paneles solares	https://www.youtube.com/watch?v=WRq3t7iells
Grupo 21: Pulsera sanitizante de manos	https://youtu.be/UkqMSiBWG2g
Grupo 22: Reapertura fábrica Tomate triturado	https://youtu.be/cxY0gqzV1g0
Grupo 23: Jabón ecológico	https://youtu.be/tqifXSivRys

Todas las comisiones pudieron presentar el trabajo integrador en tiempo y forma. En la Tabla2, se detalla el resultado final, de cada comisión.

4.4. Evaluación

La metodología de evaluación se rigió por lo dispuesto en la Ordenanza No 28 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. A mediados y al final del semestre se tomaron las evaluaciones parciales virtuales. Cada evaluación parcial tuvo una fecha de recuperación. Asimismo, al final del semestre, se tomó una evaluación "flotante". Las fechas de los exámenes se coordinaron a través de la Jefatura de Departamento de modo de evitar superposiciones con otras asignaturas del mismo semestre.

Las evaluaciones virtuales se realizaron por Zoom en diferentes reuniones en las que participaron un docente y 5 alumnos, en forma oral. Se planificó tomando de la lista de alumnos en forma aleatoria, grupos de 5 alumnos; y cada docente tuvo a cargo entre 4 o 5 grupos para evaluar.

Las preguntas se elaboraron en reuniones de cátedra por tema dado en el cronograma. En dichas reuniones los docentes discutieron, sugirieron cambios y con el consentimiento de todos se seleccionaron entre 20 preguntas por tema. Luego, en una planilla de excel se distribuyeron las mismas con la idea de que cada alumno tenga preguntas de diferentes temas sin repeticiones, en forma aleatoria.

Se confeccionaron presentaciones en PowerPoint con las pautas de examen, las preguntas que corresponden a cada alumno, para que la pueda visualizar y luego la resolución. De esta forma, el alumno en el momento tuvo la nota de su evaluación.

Se tuvo en cuenta la sincronización de los docentes y grupos a través del horario de reuniones de Zoom (17 hs, 17:45 hs, 18 hs, y 18:45 hs.), donde cada docente evaluó las mismas preguntas por banda horaria, para evitar que las preguntas se conocieran antes de rendir. Los docentes con sus grupos asignados armaron previamente las diferentes reuniones de zoom y por mail invitaron a los alumnos a unirse para rendir. Los alumnos debieron acceder y permanecer con cámara encendida durante todo el examen.

4.5. Encuestas de Cátedra

Se presentan los comentarios de los alumnos encuestados:

- Una materia complicada y exigente, no creo que hubiera podido pasarla sin la capacidad y el compromiso de los profesores de cátedra.

- Muy buena organización, se hizo divisiones de profesores que llevaban adelante sus grupos y fue muy logrado avanzar así, creo que aprendí más que en la normalidad, estábamos más cercanos al profesor que nos tocaba y podíamos consultar más

- De las materias que más me enseñaron y más me llevo. Gracias, son unos cracks

- Muy buena organización y muy buena predisposición por parte de los ayudantes.

- La metodología de evaluación del primer módulo fue nefasta. Uno podía tener suerte y sin haber estudiado sacarse un 10 porque le tocaron 3 preguntas ultra fáciles, o podía pasarse un mes preparando el examen y que le tocaran 3 preguntas rebuscadas y desaprobado. El resto muy bien, los videos que subieron eran muy claros y todos los docentes estaban disponibles para consultas en todo momento.

- Gran equipo de docentes, de los mejores de la carrera. Excelente la organización de la cátedra. Brindó las clases en videos, y eso ayudó muchísimo, ya que se puede ver cuántas veces quieras. Tomó todas las fechas de las evaluaciones y siempre recibes una motivación por

parte de los profesores diciendo ustedes ya son ingenieros/as. Muy buena respuesta de la cátedra ante la pandemia.

- Excelente disposición de la cátedra para que los alumnos podamos tener las clases que necesitábamos.

- ¡Excelente cátedra!

- La cátedra se manejó bien y me pareció acorde que enviaran vídeos para ver en vez de las clases virtuales, teniendo solo las de consultas. Con lo que no estoy de acuerdo es que nunca se mandaron las correcciones de los trabajos prácticos a los alumnos. Las clases de la materia podrían haberlas dado por zoom en vivo ya que ayuda a estar al día con la materia, cuando son subidas a YouTube, más allá de que podés verla cuando quieras que es una comodidad, cuesta estar al día con la materia porque no hay una presión de verla en el momento. Por otro lado, el proyecto estuvo muy bien organizado.

- Me gustó mucho la materia, es muy interesante y además, te brinda muchas herramientas para el futuro.

- ¡Muy buena la organización! Siento que siendo virtual y al tener un horario estipulado con cada grupo, fue mucho mejor el trabajo en la práctica que como hubiera sido presencial. Las clases estuvieron muy bien organizadas con sus respectivas consultas. Lo único que puedo decir es tal vez dar un poco más de detalle sobre los parciales.

- ¡Nos dedicaron muchísimo tiempo! Una hora POR GRUPO con un docente y dos ayudantes para el trabajo práctico. Éramos 23 grupos. ¡Se adaptaron bárbaro a la virtualidad y estuvieron a la altura! una materia super linda, se manejaron muy bien a pesar de toda esta situación. ¡Fueron una de las cátedras que mejor se organizó! Muchas gracias

5. CONCLUSIONES

La estructura de un aula virtual reviste más trabajo, organización y claridad, pero bien implementada evidencia en los alumnos aspectos positivos: mayor facilidad de interacción y seguimiento.

Las medidas de distanciamiento social llevaron a un contexto de digitalización forzada y a tomar medidas de puesta en práctica de las aulas virtuales para garantizar el funcionamiento y sostenibilidad de la cursada en muy poco tiempo.

Si bien había un camino recorrido de la digitalización y utilización de algunas herramientas como la página de la cátedra en el ambiente de la facultad y utilización de Moodle para comunicar y entregar trabajos y apuntes, se profundizó la utilización y contenido de las mismas para la enseñanza virtual.

El armado de videos sobre los diversos temas le permite al alumno estudiar de forma no sincrónica, retroceder, revisar y aprovechar mejor las clases de consulta con los profesores.

La evaluación a distancia es compleja cuando se trata de cátedras numerosas, si bien pudo evaluarse de forma satisfactoria a todos los alumnos, en contexto de post pandemia la evaluación sería una de las instancias que sería conveniente fuera presencial.

6. REFERENCIAS

[1] María Alejandra Zangara. Apostillas sobre los conceptos básicos de educación a distancia o ... una brújula en el mundo de la virtualidad. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Informática. Doctorado en Tecnología Informática. Enero 2014.

[2] Salvatierra F., Di Lascio G. Entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (evea). Repensar las herramientas cotidianas. Citep.

[3] Barberá E., Badia A. El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento Vol. 2 - N.º2 / Noviembre de 2005.

[4] Coll C. Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. Agosto 2008.

Evaluar a través de foros: una experiencia con estudiantes de ingeniería

Kanobel, María Cristina*; Belfiori, Lorena Verónica; García, Mariana Soledad

Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.

mckanobel@gmail.com, lorenabelfiori@gmail.com, marianagarcia.utn@gmail.com

RESUMEN

El trabajo describe una experiencia desarrollada con estudiantes de ingeniería en la asignatura Probabilidad y Estadística de la Universidad Tecnológica Nacional (Regional Avellaneda) sobre el uso de foros para evaluar aprendizajes. El diseño se implementó durante el primer cuatrimestre del 2020, en un aula virtual de la plataforma Moodle, en un contexto de enseñanza remota de emergencia a causa de la pandemia de COVID-19. Se trabajó con foros como recursos para la evaluación formativa con el propósito de generar espacios que posibiliten la comprobación y la metacognición de saberes de cada estudiante. Con ese fin, para promover la aplicación de conceptos propios de la asignatura en el contexto de situaciones reales, se planteó una actividad sobre Sensibilidad y Especificidad de un test, que son conceptos basados en Probabilidad condicional. En la consigna se utilizó un artículo periodístico donde los matemáticos Alicia Dickenstein y Pablo Groisman desarrollan la temática. El estudio fue llevado a cabo con 323 estudiantes que fueron distribuidos azarosamente en ocho grupos. Sobre los resultados, el 81,11% de la matrícula pudo cumplir con la actividad, mientras que el 2,16% sólo lo hizo en forma parcial. De quienes participaron, un 97% alcanzó la promoción de los objetivos propuestos. En cuanto la evaluación de la experiencia consideramos que la herramienta foro provista por Moodle puede ser un recurso adecuado para plantear actividades colaborativas donde no solo se puedan evaluar contenidos específicos de la materia sino también otras competencias que debe desarrollar cada estudiante para su futuro profesional, tal como la comunicación eficaz y el trabajo entre pares.

Palabras Claves: foros, evaluación formativa, Moodle, enseñanza en ingeniería, probabilidad condicional.

ABSTRACT

This paper describes an experience developed with engineering students about the use of forums in order to evaluate learning in the subject Probability and Statistics at the Universidad Tecnológica Nacional (Regional Avellaneda). The design was implemented during the first quarter of 2020, in a virtual classroom of the Moodle platform, in an emergency remote teaching context due to the COVID-19 pandemic. We worked with forums that may be resources for formative evaluation and let generate spaces that are able to verify metacognition of knowledge of each student. In that way, an activity was developed based on Sensitivity and Specificity of a test, which are concepts that are founded on Conditional Probability applied to a real situation context. The assignment included the reading of a newspaper article in which mathematicians Alicia Dickenstein and Pablo Groisman developed the topic related to COVID-19 context. The study was carried out with 323 students who were randomly distributed in eight groups. Regarding the results, 81.11% of them were able to complete the activity, meanwhile, the 2.16% only partially completed it. In addition, 97% of students achieved the proposed objectives. Evaluating the experience, we consider that the forum tool provided by Moodle can be an adequate resource to propose collaborative activities to evaluate specific contents of the subject and also other competencies that students should develop for their professional future, such as effective communication and peer-to-peer work.

Keywords: forum, formative assessment, Moodle, engineering education, conditional probability.

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII [ir](#)

La no presencialidad, ¿fomenta el aprendizaje autónomo?

Rodríguez, Georgina; Caligaris, Marta; Laugero, Lorena
Depaoli, Iván; Conti, Nazarena

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional.
gie@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN

El año 2020 fue un desafío para los docentes, quienes debieron enfrentarse de un día para el otro al diseño de estrategias didácticas totalmente diferentes, dictando clases desde sus hogares, con nuevas herramientas, sin saber hasta cuándo. El ciclo 2021 comenzó de la misma manera, con clases no presenciales, aunque con una mínima asistencia permitida en el caso de prácticas de laboratorio, en turnos rotativos. El cuerpo docente, en general, se encontró mejor preparado para abordar la enseñanza de manera virtual, gracias al aprendizaje realizado en el 2020 y a las distintas capacitaciones que se realizaron para ayudar a los docentes a llevar adelante el proceso de enseñanza en este nuevo contexto.

El curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado de tercer año de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás no fue ajeno a esta situación, y tomando la experiencia del año anterior se planteó entre los objetivos, aprovechando la no presencialidad, desarrollar el aprendizaje autónomo en los alumnos. Entre otras actividades, aplicando la estrategia de clase invertida, se elaboraron videos tanto de desarrollos teóricos como del procedimiento de resolución de algunos problemas de práctica en cada uno de los temas que se estudian en la materia. Se plantearon también encuentros sincrónicos con la finalidad de atender a las dudas o dificultades que los alumnos encontrarán en su proceso de aprendizaje y fomentar la participación de los mismos. ¿Se logró el objetivo?

El objetivo de este trabajo es presentar el abordaje de la asignatura frente a la no presencialidad y los recursos que se elaboraron para ello. También se presentarán los resultados obtenidos en distintas evaluaciones y en una encuesta de opinión.

Palabras Claves: educación no presencial, aprendizaje autónomo, clase invertida.

ABSTRACT

The 2020 year was a challenge for teachers, who had to face from one day to the next the design of totally different didactic strategies, teaching classes from their homes, using new tools, without a horizon. . . The 2021 cycle began in the same way, with non-face-to-face classes, although with minimal assistance allowed in the case of laboratory practices, in rotating shifts. Faculty was, mostly, better prepared to approach the virtual teaching, thanks to the learning during the previous year and different trainings developed to help them carrying out the learning process in this new context.

The Numerical Analysis and Advanced Calculus course of third year of Industrial Engineering at Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional could not avoid this situation, and taking advantage of the non-presence, the development of autonomous learning in students was outlined as a goal. To this end, applying the flipped class strategy, many videos were developed approaching both theoretical developments and the procedure for solving problems in each of the topics studied. So to address the doubts or difficulties that the students encountered in their learning process and to encourage their participation, synchronous encounters were planned. Was this goal achieved?

The objective of this paper is to show the proposed teaching strategy and resources developed to address teaching with non face-to-face students. Results obtained in the assessments and the students' opinion gathered in a poll will also be presented.

Keywords: non-presenciability education, autonomous learning, flipped classroom

1. INTRODUCCIÓN

El año 2020 fue un año de desafíos y aprendizajes en el ámbito académico en general en todos los niveles, especialmente en la universidad. Los docentes debieron enfrentarse al uso de herramientas que probablemente no habían imaginado utilizar, y a la enseñanza sin alumnos sentados en sus aulas. Y los alumnos, se encontraron en sus hogares, frente a algunos profesores que les hablaban a través de una pantalla, o les asignaban actividades: apuntes para leer, videos para ver, ejercicios para hacer... todo en soledad. Y esto ocurría, pensando que era por unos días, luego un mes, dos meses, todo un cuatrimestre. Así empezó la segunda mitad del ciclo 2020, pero con la certeza de que sería virtual hasta el final, ya sin incertidumbre. El 2020 fue un año, desde el punto de vista académico, muy complicado, pero dejó un capital importante en el saber hacer de los educadores, en cuanto al manejo de la virtualidad.

Llegó el nuevo año, con la segunda ola del COVID-19, sin vacunas y con muchas pérdidas. Y de nuevo, la virtualidad se impuso en la enseñanza universitaria, aunque con algunas pocas actividades presenciales para tareas postergadas, fundamentalmente, en trabajos de laboratorio con grupos reducidos.

Mientras tanto, en el contexto de la crisis mundial, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) causaron una revolución en todos los niveles del ámbito educativo. Transformaron las interacciones sociales y el acceso a la información, llevándolas fuera de los muros de las escuelas [1], y con ellas surgieron nuevas formas de enseñar y aprender, en medio de una interacción entre lo presencial y lo virtual.

Ante la suspensión de la presencialidad, se comenzaron a utilizar recursos TIC para dictar clases remotas: en algunos casos el profesor, a través de una pantalla, daba su clase con el esquema de una clase presencial. Pero, concordando con Ferrari, Martins y Theodoro [1], el uso de las TIC en el ámbito educativo debe estar centrado no sólo en las herramientas, sino en la capacidad de producción de materiales. Especialmente, en la no presencialidad, las clases virtuales, deben tener un diseño diferente, con tiempos y recursos distintos a los de una clase presencial.

En el modo de aprender de los estudiantes, tanto en ambientes presenciales como virtuales, es fundamental desarrollar habilidades de pensamiento que induzcan al alumno a “aprender a aprender” [2], dado que la información tiene un crecimiento sin precedentes, fuera del alcance del plan de estudios de cualquier carrera. Por lo tanto, además del aprendizaje de contenidos, se debe poner énfasis en promover actividades cognitivas en los estudiantes que les permitan un aprendizaje autónomo y permanente, para utilizarlo en ambientes más generales y significativos [1], como lo será el ambiente laboral en el que se desempeñen en el futuro. La educación a distancia favorece el aprendizaje autónomo de los actores involucrados, ya que conlleva un proceso activo que permite gestionar el conocimiento, organizarlo y elaborarlo para comprenderlo y asimilarlo de manera significativa [3]. Como sostiene Sierra Pérez [4], para que la educación virtual supere los límites del aula tradicional, se requiere un componente de aprendizaje autónomo que articule todos los elementos, y estrategias de enseñanza en aras de la formación de un ser humano y de un profesional integral, apto para enfrentar los retos que le plantea el mundo actual.

El aprendizaje autónomo, pensado como la facultad de dirigir el propio proceso para entender y comprender la realidad, necesita contar con la participación de varios elementos para hacerlo viable y efectivo. Entre ellos, requiere de elementos tecnológicos, elementos investigativos y contenidos significativos, fomentando el pensamiento de orden superior [4]. En este sentido, se valora la creatividad y la experimentación por encima de la memorización y la repetición mecánica de los contenidos de la enseñanza [3].

En este trabajo se presenta el desarrollo durante el primer cuatrimestre 2021 del curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado (ANyCA) en la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, en la virtualidad. Uno de los mayores inconvenientes detectados fue la dificultad por parte del alumno para planificar adecuadamente los tiempos de estudio. Se muestran entonces las estrategias de enseñanza que se aplicaron para tratar de solucionar este inconveniente y se efectúa un análisis de los resultados obtenidos en las distintas instancias evaluativas realizadas.

2. EL DESARROLLO DEL CURSO 2021 DE ANyCA

A partir de la experiencia vivida durante el año 2020, donde tanto docentes como alumnos se fueron adaptando a la virtualidad, se retomaron en este curso las estrategias didácticas consideradas exitosas en el 2020, y se incorporaron nuevas estrategias y nuevos materiales, a partir de las necesidades detectadas durante el año anterior. Se desarrollaron nuevos videos con la resolución de ejercicios, se abrieron foros, se estimuló la participación de los alumnos en los mismos, y se modificaron las cartillas de ejercicios con la incorporación de preguntas conceptuales, que se discutían en los encuentros sincrónicos.

2.1. El curso

La asignatura Análisis Numérico y Cálculo Avanzado está ubicada en el tercer año del plan de estudios de la carrera Ingeniería Industrial, de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Es una materia de dictado anual, con un total de 32 semanas, distribuidas en dos cuatrimestres, con una carga horaria de 3 horas cátedra semanales.

El equipo docente está formado por tres personas, un profesor, un JTP y un ayudante.

En el año 2021, se inscribieron al cursado de la asignatura ANyCA 69 alumnos. De estos alumnos, 29 eran recursantes, es decir, ya se habían inscripto anteriormente alguna vez para cursar la materia y 11 de ellos ya habían obtenido la condición de regular en algún año anterior, pero se inscribieron nuevamente con la idea de obtener la aprobación directa durante este año.

El desarrollo de la materia fue planteado de manera no presencial debido a las circunstancias de aislamiento/distanciamiento establecidas por el gobierno nacional. El cumplimiento de asistencia, requisito para la aprobación de la cursada en el reglamento de estudios de la UTN, fue flexibilizado a raíz de esta situación. Todos los encuentros presenciales se grabaron, y pusieron a disposición en la plataforma virtual.

2.2. Herramientas y material desarrollado

El curso se desarrolló con base en el campus virtual de la FRSN, implementado en Moodle. Se planteó, como en el año anterior, la estrategia de aula invertida, con la asignación de lecciones con contenidos en video para el desarrollo de los diferentes temas. Estas lecciones abordaban la teoría y el desarrollo de ejercicios en videos de no más de diez minutos de duración.

Los alumnos contaban, además, con los sitios Web desarrollados por el GIE [5, 6]. En estos sitios, podían encontrar material de lectura, tanto teórico como práctico, sumado a recursos interactivos desarrollados en SciLab [7], pensados para resolver ejercicios y problemas que requerían gran cantidad de cálculos.

Al finalizar cada lección, se indicaba la realización de una tarea, la cual era corregida por el equipo docente. Estas tareas tenían como finalidad, por un lado, que los alumnos se autoevaluaran con respecto al estado de conocimiento que tenían del método desarrollado en la correspondiente lección. Mientras que por otro, los docentes podían detectar las dificultades o errores más frecuentes que presentaban los estudiantes y así introducir las acciones remediales necesarias para superar dichos inconvenientes.

Se realizaron encuentros sincrónicos mediante ZOOM, en general, cada dos semanas, aunque a veces cada semana, para discutir los temas y resolver dudas. Al cerrar cada unidad, a modo de repaso, se presentaban problemas conceptuales donde los alumnos debían apelar al marco teórico visto para poder resolverlas.

Estos encuentros fueron grabados y subidos a la plataforma virtual para que los estudiantes pudieran acceder a los mismos todas las veces que desearan.

En cada unidad, se generó un foro para que los alumnos pudieran plantear las dudas que les surgían durante su proceso de aprendizaje. También estaban a disposición los correos electrónicos para hacer consultas.

2.2.1 Nuevos materiales

A partir de algunos comentarios hechos por los alumnos en el año 2020 [8] sobre la posibilidad de tener más ejercicios resueltos en videos, en lugar de desarrollos en archivos PDF, este año se realizaron nuevos videos donde se resuelven ejercicios de la práctica que se suman a los anteriormente realizados por el equipo de cátedra. Se encomendó parte de esta tarea a una becaria del grupo de investigación, alumna del año 2020, quien le puso una nueva impronta a los ejercicios. En este momento, los videos que conforman el material de la cátedra están desarrollados por cinco personas diferentes, cada una con su estilo. De esta manera, se hace más ameno el estudio, al cambiar de interlocutor virtual. En la Figura 1, se observan los estilos de los distintos videos disponibles en la cátedra. Algunos son realizados sobre una Tablet, a modo de pizarra, otros son elaborados en PowerPoint, generando el video a partir de la grabación de la presentación, y otros con el software VideoScribe.

Para afianzar y/o desarrollar la competencia comunicativa en los alumnos, se incorporaron en las cartillas de actividades, ejercicios y preguntas de tipo conceptual. En este tipo de situaciones, y apelando al marco teórico desarrollado, los estudiantes debían analizar, justificar o fundamentar. Estos ejercicios fueron discutidos en los encuentros sincrónicos, al finalizar cada unidad. También se incluyeron situaciones similares a las descriptas en las evaluaciones parciales.

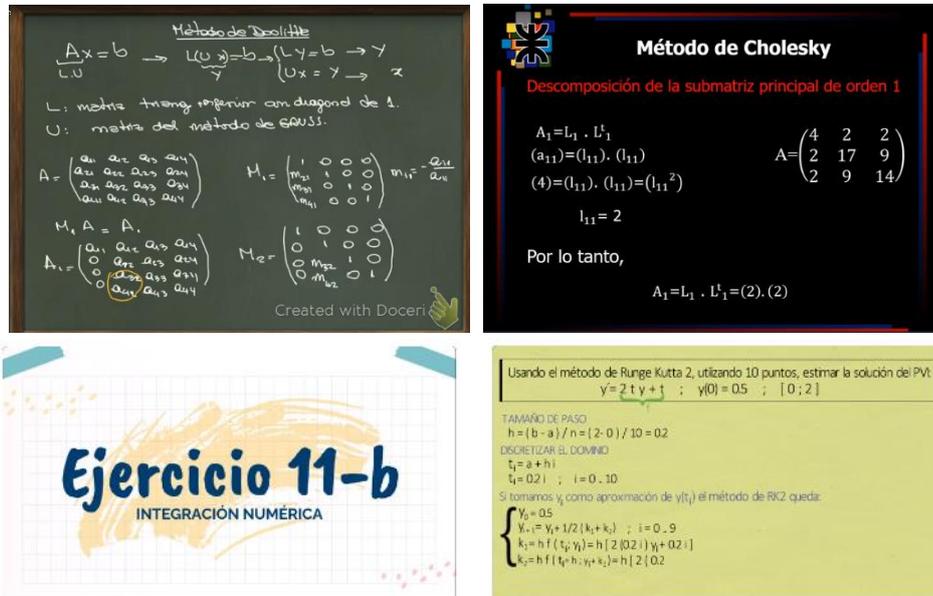


Figura 1. Imágenes de los distintos tipos de video desarrollados especialmente para la cátedra.

2.3. Evaluaciones

Las evaluaciones parciales del primer cuatrimestre fueron realizadas mediante un cuestionario de Moodle, con preguntas de tipo ensayo para ser corregidas manualmente. Las consignas fueron algunas prácticas y otras conceptuales, y cada pregunta se elegía de manera aleatoria entre al menos cinco de similar dificultad. De esta manera, se trataba de evitar que dos alumnos tuvieran el mismo listado de preguntas.

En las preguntas conceptuales se buscó que los alumnos expresasen con sus palabras los conceptos estudiados, apelando a evitar el estudio memorístico, favoreciendo el razonamiento, y el desarrollo de la competencia comunicativa.

2.4. Encuesta realizada

Antes de finalizar el primer cuatrimestre, se realizó una encuesta a los alumnos para conocer su opinión respecto de cómo se venía desarrollando la materia. La misma contenía una serie de preguntas cerradas con cinco opciones excluyentes y una pregunta sobre el tiempo que le dedicaban al estudio de la materia. Se solicitaba también la mención de un aspecto positivo y uno negativo sobre el desarrollo virtual de la materia.

Las respuestas a las preguntas cerradas fueron analizadas con una escala tipo Likert, con valores numéricos asignados a las distintas opciones, según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala tipo Likert y su valor numérico

Escala	Valor numérico
Totalmente de acuerdo	5
De acuerdo	4
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

3. RESULTADOS.

3.1. Seguimiento de los alumnos.

Se asignaron tareas semanales con un doble objetivo. Por un lado, para que los alumnos tengan continuidad en el estudio de la asignatura, y por otro, para monitorear el aprendizaje de los alumnos, y así poder detectar si tenían inconvenientes, para luego poder aclararlos en las clases subsiguientes.

De los 69 alumnos inscriptos a la asignatura, sólo 49 alumnos iniciaron efectivamente el cursado, es decir, se conectaron a las reuniones periódicas y cumplieron regularmente con la realización de las actividades asignadas.

La entrega de las tareas fue en general satisfactoria, y sirvió para detectar algunos errores en la realización de las actividades propuestas, que fueron luego aclarados en clases posteriores.

Sobre el total de alumnos que efectivamente iniciaron el cursado de la materia, se tienen los resultados que se presentan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Cumplimiento de las tareas asignadas sobre temas evaluados en el primer parcial.

Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5	Tarea 6	Tarea 7
96%	98%	96%	91%	100%	100%	98%

Tabla 3. Cumplimiento de las tareas asignadas sobre temas evaluados en el segundo parcial.

Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5
87%	85%	83%	85%	85%

Hubo un decaimiento en las entregas luego del primer parcial, como se puede observar en la Tabla 3.

3.2. Resultado de la encuesta.

Se presentan en esta sección los resultados obtenidos en la encuesta realizada al finalizar el cuatrimestre, que fue respondida por 46 alumnos, casi todos los que efectivamente iniciaron el cursado de la asignatura.

En la Tabla 4, se presenta un resumen de las respuestas correspondientes a las preguntas cerradas, referidas a las actividades propuestas y a los recursos y las estrategias didácticas utilizados.

Tabla 4. Respuestas a las preguntas cerradas, según escala Likert.

	1	2	3	4	5
Los recursos tecnológicos utilizados (CVG, Zoom) fueron pertinentes para organizar el aprendizaje de la materia.	0	1	0	22	23
El material disponible para abordar el aprendizaje de la asignatura (videos, sitios Web, problemas de práctica, etc.) fue suficiente.	0	0	3	15	28
La forma en la que fueron presentados los contenidos facilitó tu aprendizaje.	0	0	11	19	16
Los conceptos fueron explicados de manera adecuada.	0	0	1	31	14
Las actividades propuestas contribuyeron al afianzamiento de cada uno de los métodos estudiados.	0	0	4	25	17
Las actividades propuestas fueron suficientes para lograr el aprendizaje de los contenidos.	0	2	8	23	13
La planificación correcta de mis tiempos de estudio me permitió no tener inconvenientes en ningún momento.	0	10	16	13	7
Los contenidos evaluados en cada instancia estuvieron acordes a lo desarrollado en cada unidad.	0	0	4	22	20
Los canales de comunicación habilitados fueron pertinentes para resolver las dudas que surgieron durante el aprendizaje.	0	0	3	20	23
Los docentes respondieron cada una de las dudas de forma satisfactoria.	0	0	2	17	27
Las retroalimentaciones dadas por los docentes en cada tarea o instancia evaluativa fueron adecuadas.	0	0	6	24	16
El cursado virtual ha modificado mi actitud como alumno al asumir mayores responsabilidades en el proceso de aprendizaje.	3	3	7	14	19
El cursado virtual me permitió involucrarme más en mi proceso de aprendizaje al poder estudiar de acuerdo a mis posibilidades.	4	3	11	14	14
El cursado virtual me permitió desarrollar competencias como el aprendizaje autónomo.	1	2	9	15	19
La experiencia de aprender los contenidos de la asignatura de manera virtual puede ser considerada como positiva.	1	3	10	16	16

En lo referido a los aspectos positivos y negativos del “aprendizaje en la virtualidad”, se lista a continuación un resumen de las respuestas brindadas por los alumnos.

Aspectos positivos:

- Promueve el aprendizaje autónomo y una mayor responsabilidad por parte del alumno.
- Libertad en cuanto al manejo de los tiempos de estudio.
- El cursado de las materias bajo esta modalidad es más cómodo y permite ahorrar mucho tiempo al no tener que concurrir a la facultad (ese tiempo es utilizado en el estudio de las materias).
- Al disponer de las grabaciones de las clases, es posible verlas todas las veces que se desee y despejar las dudas que se tienen.
- Las tareas asignadas permiten que el alumno realice una autoevaluación con respecto a su estado de conocimiento.
- La posibilidad de contar con una gran cantidad de herramientas en el aula virtual.
- El tipo de material utilizado para explicar cada uno de los temas (videos) facilita el proceso de aprendizaje (los alumnos pueden retrocederlos, pararlos para tomar apuntes o mirarlos todas las veces que quieran para entender el tema).
- Posibilidad de cursar materias de distintos años que comparten el mismo horario.

Aspectos negativos:

- La comunicación que se establece entre compañeros y el docente no es la misma que en la presencialidad.
- Mucha exposición frente a una pantalla.
- Falta de concentración
- Desmotivación en cuanto al seguimiento de las materias
- Dificultad por parte del alumno para planificar adecuadamente los tiempos de estudio y para llevar adelante su proceso de aprendizaje de manera autónoma.
- No poder mantener una comunicación fluida con los profesores.
- Mucho esfuerzo por parte del alumno para poder llevar adelante el proceso de aprendizaje.
- No tener una buena conexión a internet es un factor limitante sobre todo a la hora de unirse a una clase sincrónica o para realizar parciales.

Al consultar a los alumnos sobre la cantidad de horas semanales que dedican al estudio de la materia, las respuestas oscilaron entre 1 y 10. En la Figura 2, se puede apreciar la distribución de las respuestas. Se observa en esta figura que hay alumnos que dedican menos horas que la carga horaria semanal de la cátedra.

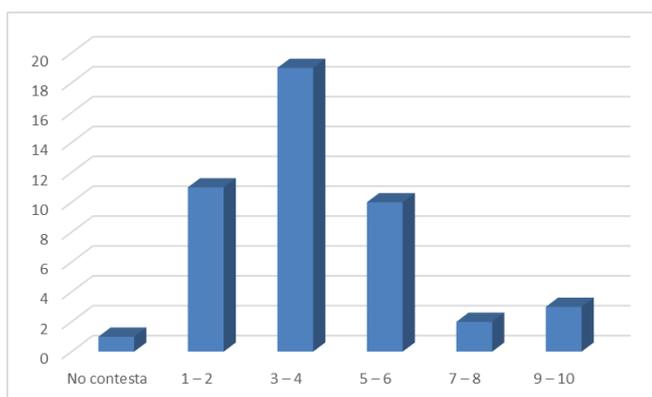


Figura 2. Cantidad de horas semanales dedicadas al estudio de la materia.

3.3. Resultados de evaluaciones.

En la Tabla 5, se muestran los resultados de las evaluaciones parciales realizadas en el primer cuatrimestre, sobre el total de los alumnos que las realizaron. Hubo dos alumnos que cumplieron con actividades asignadas, pero abandonaron durante el transcurso del cuatrimestre.

Como se puede apreciar, al menos el 50% de los estudiantes que efectivamente iniciaron el cursado alcanzaron la nota de aprobación mínima de seis, en ambas evaluaciones parciales, teniendo la posibilidad de lograr la aprobación directa de la materia al finalizar el cursado. Cabe aclarar que estos resultados incluyen la única instancia de recuperación del cuatrimestre. Los alumnos que obtuvieron nota intermedia, quedan en condiciones de poder presentarse a examen a partir de la finalización del cursado. Los que obtuvieron notas menores a cuatro quedan en condición de libre, debiendo recurrir la materia.

Tabla 5. Resultado de las evaluaciones parciales del primer cuatrimestre

	Ev. P. 1	Ev. P. 2
Nota ≥ 6	56%	62%
entre 4 y 6	22%	28%
Nota < 4	22%	9%

En función de los resultados obtenidos en los parciales, en la Figura 3, se muestran las condiciones de los alumnos al momento de la finalización del primer cuatrimestre, donde el gráfico circular de la derecha clasifica los alumnos que quedaron libres según si lo hicieron por abandono de la asignatura o por no haber aprobado parciales.

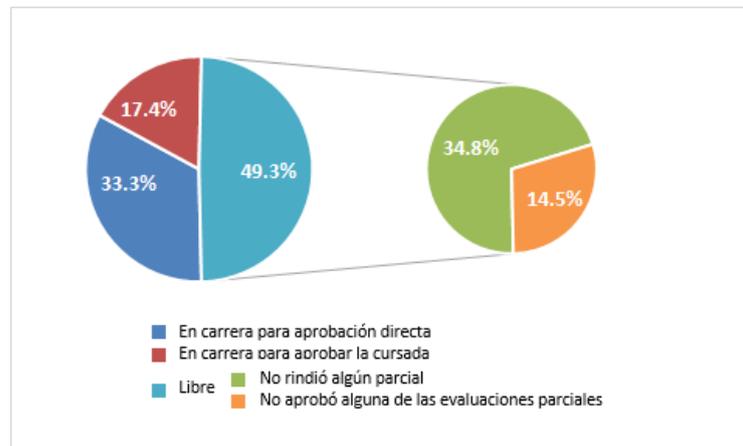


Figura 3. Condición de los alumnos al finalizar el primer cuatrimestre sobre el total de inscriptos

En la Figura 3, se observa la alta tasa de alumnos libres, casi el 50%. Cabe destacar que, la mayoría fue por abandono de la asignatura, sólo el 14.5% no aprobó alguna de las instancias de evaluación, y esto después de la instancia de recuperación. También se puede ver en este gráfico que un tercio de los alumnos inscriptos al cursado quedó en condiciones de aprobación directa al finalizar el cuatrimestre.

4. DISCUSIÓN.

En las respuestas brindadas en la encuesta, se puede apreciar que los alumnos consideran apropiados los recursos utilizados en el dictado de la materia, y que el material disponible les resulta suficiente. En su mayoría, están también de acuerdo en que los conceptos fueron explicados de manera adecuada y la forma en que se presentaron los contenidos ayudó a su aprendizaje. Algunos alumnos destacan la ventaja de poder retroceder tantas veces como quieran los videos y las grabaciones de las clases, para despejar dudas, y la libertad que tienen en cuanto a los tiempos de estudio.

En general, los estudiantes estuvieron de acuerdo en que las actividades propuestas colaboraron en su aprendizaje, manifestando estar conformes con los canales de comunicación establecidos y las correcciones y retroalimentaciones hechas en las tareas asignadas.

Estuvieron también de acuerdo con la metodología de evaluación. El inconveniente detectado en las evaluaciones fue la tensión que genera a los alumnos la subida de los archivos a la plataforma, porque no llegan con el tiempo y a veces la conexión es lenta.

La mayoría de los alumnos dice dedicar entre una y seis horas semanales de estudio a la asignatura. A partir de la encuesta, se puede ver que la organización de los tiempos de estudio no fue una fortaleza en el grupo, no pudiendo llevar a cabo un aprendizaje autónomo de la materia, como se esperaba, y lo destacan algunos alumnos dentro de los aspectos negativos. Aunque otros marcan como un aspecto positivo la mayor responsabilidad que pudieron generar a partir de esta modalidad, logrando un aprendizaje autónomo.

Otro de los aspectos negativos que indicaron los estudiantes es la falta de concentración y desmotivación en el seguimiento de las materias. Esto se hizo notorio especialmente cerca de la finalización del cuatrimestre, lo cual influyó negativamente en el objetivo del desarrollo del aprendizaje autónomo. En los encuentros sincrónicos, se observó una gran apatía, manifestado por la escasa o nula participación de los alumnos ante preguntas o planteos realizados. Este tipo de comportamiento, no sólo fue observado en este curso sino también en materias similares de otras carreras.

Con respecto al rendimiento, un tercio de los estudiantes inscriptos no pudo seguir el ritmo del curso, abandonando antes del primer parcial. De los que quedaron en carrera, casi la mitad obtuvo nota suficiente para aprobar la cursada, aunque su situación final dependerá de su rendimiento en el segundo cuatrimestre, y la cuarta parte aproximadamente logró notas para poder alcanzar la condición de regular, y poder así presentarse a mesa de examen, teniendo en cuenta que la UTN no permite la condición de libre.

Realizando un análisis comparativo con los resultados obtenidos en el año 2020, se puede concluir que éstos fueron mejores que los conseguidos, hasta el momento, en el ciclo 2021 [8].

5. CONCLUSIONES.

Durante el aislamiento debido al COVID-19, la virtualidad se presentaba como un ambiente propicio para desarrollar en los alumnos el aprendizaje autónomo que, además, con la elección de estrategias de enseñanza adecuadas, permitiría a los alumnos manejar sus propios tiempos.

El esfuerzo y la dedicación docente para poder llevar adelante el curso de ANyCA de manera no presencial fue realmente importante, debido a que se destinó mucho tiempo para generar material especial para las distintas secuencias didácticas planteadas en la asignatura. También la corrección de las actividades asignadas para el seguimiento de los alumnos fue muy demandante.

La hipótesis de que la educación no presencial podría favorecer el aprendizaje autónomo, no pudo ser validada en esta experiencia, ya que, como demuestran las encuestas, muchos alumnos tuvieron inconvenientes con el manejo de sus tiempos. Algunos no tomaron conciencia de la gran responsabilidad que implica la modalidad de cursado virtual que se está llevando adelante desde el año 2020.

Al cabo de estos dieciocho meses, podría pensarse que la presencialidad es necesaria. Por más que se gane el tiempo de los traslados para asistir a clase, como destacan algunos alumnos, las interacciones que se generan en el aula son fundamentales para una mejor gestión del aprendizaje. Pero no todo fue en vano. El bagaje de manejo de recursos tecnológicos y aprendizaje didáctico adquirido a la fuerza durante este período de aislamiento y distanciamiento servirá para poder enfrentar el próximo año una educación diferente, esperemos con algo de presencialidad. Pero algo seguro, es que la universidad post-pandemia no será la misma.

6. REFERENCIAS.

- [1] Ferrari, Maria-Aparecida; Martins, Juliane; Theodoro, Victor. (2020). "Enseñanza y aprendizaje en las carreras de Relaciones Públicas de Brasil: incorporación de plataformas digitales". *Revista Mediterránea de Comunicación*, 11(2), pp. 311-327. Alicante, España. doi:<https://doi.org/10.14198/MEDCOM2020.11.2.7>
- [2] Montes Ponce, Daniel; Pereida Alfaro, Marco Antonio. (2019). "Estrategias didácticas digitales. 1ª Edición digital". *United Academic Journals*. Huelva, España. Disponible en <https://issuu.com/uajournals/docs/000003>
- [3] Bellina, Cecilia. (2016). "Aprender desde la autonomía en la Educación a Distancia". *Argonautas*, Año 6, Nº 7, pp. 165-174. San Luis, Argentina.
- [4] Sierra Pérez, Jorge Hernán. (2005). Aprendizaje autónomo: eje articulador de la educación virtual. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (14). ISSN: 0124-5821. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194220381010>.
- [5] Caligaris, Marta; Rodríguez, Georgina.; Laugero, Lorena. (2015). "Designing tools for numerical integration". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, pp. 270-275. Reino Unido
- [6] Caligaris, Marta; Rodríguez, Georgina; Laugero, Lorena. (2015). "Learning Styles and Visualization in Numerical Analysis". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, pp. 3696-3701. Reino Unido.
- [7] Caligaris, Marta; Rodríguez, Georgina; Laugero, Lorena; Valentini, José Ernesto. (2017). "Apps for Solving Engineering Problems Using Numerical Techniques". *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 4 [3], pp. 211-218. Nicosia, Chipre. Disponible en: www.prosoc.eu DOI: <https://doi.org/10.18844/prosoc.v4i3>
- [8] Rodríguez, Georgina; Caligaris, Marta; Laugero, Lorena; Depaoli, Iván. (2020). "Presencialidad virtual" en un curso de Ingeniería Industrial: cómo se desarrollaron las clases de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado durante la cuarentena". *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, 2, pp. 16-31. Buenos Aires, Argentina.

Cursado, seguimiento y autoevaluación en práctica: resultados de uso de plataforma autogestionable para PPS

Gallegos María Laura*, Cinalli, Marcelo Fernando, Bárbaro, Laura

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
mgallegos@frsn.utn.edu.ar, mcinalli@frsn.utn.edu.ar,
lbarbaro@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Desde 2017 un equipo de trabajo integrado por docentes tutores, se ocupó de analizar el proceso de PPS y proponer mejoras como parte de un proyecto desarrollado desde la Dirección de Carrera y aprobado por la Secretaría Académica y de Planeamiento de UTN-FRSN. La propuesta incluía la actualización del Reglamento y sistematización de formularios pertinentes. Se digitalizó documentación a fin de optimizar recursos institucionales proponiendo, además, instrumentos para recolectar información de los participantes de las PPS, adecuando las instancias de seguimiento durante la totalidad de la práctica, con el fin de agilizar, sistematizar y obtener información para la toma de decisiones. Esto generó una base sólida que permitió aplicar, ante la emergencia por COVID 19, la rápida implementación del nuevo diseño como una cátedra más en la plataforma (Campus Virtual Global) CVG, sumando estudiantes inscriptos a la asignatura, el seguimiento de las actividades y la comunicación durante todo el año por múltiples medios disponibles (*Teams, WhatsApp, e-mail, Zoom, Foros, Chat* de CVG). Este trabajo describe el proyecto y sus objetivos, el desarrollo y sus resultados, incluyendo las experiencias de los estudiantes, de los tutores y actores involucrados en el proceso de implementación.

Como conclusiones del proyecto, la PPS es un proceso de autogestión del estudiante, se canalizan consultas por canales sincrónicos y asincrónicos, se obtiene información y mediciones departamentales de todas las etapas de PPS en el momento, existe resguardo y confidencialidad de la información y una encuesta de autoevaluación para analizar información real de los actores, evaluar y actuar. Y lo más importante, soportado en una plataforma autogestionable bajo formato institucional.

Palabras Claves: Práctica Profesional Supervisada, Plataforma virtual, Ingeniería Industrial

ABSTRACT

Since 2017 a teamwork which consists of university tutors, has been in charge of analyzing the process of Supervised Professional Practice (abbreviated to PPS in Spanish) and providing improvements as part of a project developed by the Career Direction. It was also approved by the Academic Secretary of UTN-FRSN (San Nicolás Regional Faculty of the National Technological University).

The proposal included the update of the rules and the systematization of relevant forms. Documents were digitalized in order to optimize institutional resources, suggesting also tools to gather information about the PPS participants. Besides, the tracking instances were adapted during the whole practices, so as to agillize, systematize and obtain information for decision making. During the COVID 19 emergency, the project served as a starting point in order to apply the new design as another academic department in the virtual platform of the university. This allows the students to keep active in the subject, keeping track of their activities and to constantly communicate on different applications (such as Teams, WhatsApp, e-mail, Zoom, forums or the virtual platform chat). This whole work describes the development of the project, its goals and results keeping in mind student, professor and individuals (who are concerned in the implementation process) experiences.

To conclude, the PPS helps to improve self-management skills for students. They can send queries through both synchronic and asynchronous channels. What is more, it helps to collect information and evaluate the different stages of the PPS, while also protecting the confidentiality of the information. In addition, there is a self-evaluation survey to analyze the correct information of the participants. The most important thing is that it is supported in an institutional self-management platform.

Keywords: Supervised Professional Practice, Virtual platform, Industrial Engineering

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Internacional de Ingeniería Industrial – RIII [ir](#)

Evaluación de competencias genéricas de egreso: sociales, políticas y actitudinales en carreras de ingenierías adquiridas en la carrera y fuera de ella.

Lucía Brottier; Elena Caliguli; Carlos Nallim

Facultad de Ingeniería UNCuyo, Mendoza, Argentina
lucia.brottier@ingenieria.uncuyo.edu.ar; elena.caliguli@ingenieria.uncuyo.edu.ar;
cnallim@gmail.com

RESUMEN

Aprobados los nuevos estándares de acreditación de las carreras de ingeniería, resulta de suma relevancia en el ámbito de la formación establecer los niveles de adquisición de competencias sociales, políticas y actitudinales que se desarrollan a lo largo de las carreras de ingeniería y poder definir propuestas de estrategias didácticas para el desarrollo de las competencias en los alumnos aprovechando todos los niveles de la carrera

Se han considerado dos vertientes para el relevamiento de la información de trabajo:

Evaluación de las competencias requeridas relevadas

- a través del relevamiento presentado en las plataformas de empleos y
- relevadas en encuestas a profesionales de áreas de recursos humanos.

Evaluación de las competencias adquiridas en la carrera de ingeniería

- relevadas a alumnos de carrera de cuarto y quinto año y egresados de carreras de ingeniería.

Los resultados evidencian un desfase entre las necesidades del ámbito profesional con las competencias actuales de egreso principalmente en temas tecnológicos.

La adquisición de competencias fuera del ámbito de la formación curricular ha sido relevada, como los aportes de los alumnos sobre las asignaturas en las que pueden desarrollarse nuevas competencias.

Se encuentra en ejecución una encuesta de percepción a docentes de carreras de ingeniería sobre el desarrollo de las competencias sociales, políticas y actitudinales.

Este trabajo aporta: la definición de criterios que tipifican las competencias sociales, políticas y actitudinales en las carreras de ingeniería, el diagnóstico de las competencias requeridas y las aprendidas y por otra la propuesta de un diseño instruccional de las competencias sociales, políticas y actitudinales que sirva de base para actividades didácticas propias del aula o que utilicen el aula ampliada

Palabras Claves: Competencias – Estrategias – Profesión- Trabajo - Aprendizaje

ABSTRACT

Once the new accreditation standards for engineering careers have been approved, it is highly relevant in the field of training to establish the levels of acquisition of social, political and attitudinal skills that are developed throughout engineering careers and to be able to define proposals for didactic strategies for the development of competences in students taking advantage of all levels of the career.

Two aspects have been considered for the survey of work information:

Assessment of the required competencies surveyed

- through the survey presented in the employment platforms and
- collected in surveys of professionals in human resources areas.

Evaluation of the competences acquired in the engineering career

- Released to fourth and fifth year degree students and engineering degree graduates.

The results show a mismatch between the needs of the professional field with the current graduation skills, mainly in technological issues.

The acquisition of competences outside the scope of curricular training has been surveyed, as well as the contributions of students on the subjects in which new competences can be developed.

A perception survey is being carried out to teachers of engineering careers on the development of social, political and attitudinal competencies.

This work provides: the definition of criteria that typify the social, political and attitudinal competences in engineering careers, the diagnosis of the competences required and those learned and, on the other hand, the proposal of an instructional design of the social, political and attitudinal competences that serve as a basis for classroom-specific didactic activities or those that use the expanded classroom

Keywords: Competences - Strategies - Profession - Work – Learning

1. INTRODUCCIÓN

Los nuevos estándares de acreditación de las carreras de ingenierías y en particular de la carrera de Ingeniería Industrial [1] que fueron publicados en mayo de 2021 en base a las propuestas de definidas en el Libro Rojo de Confedi [2] consideran la adquisición de las competencias de egreso sociales, políticas y actitudinales desde las Ciencias y Tecnologías complementarias (Conceptos de Ética y Legislación; Conceptos de Economía para ingeniería; Comportamiento organizacional y Relaciones del trabajo; Sistemas Informáticos para la gestión y Desarrollo Socioeconómico) y también se requiere desarrollar de manera transversal formación en los siguiente ejes (se han seleccionado los relacionados con el relevamiento realizado).

- Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería industrial.
- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería industrial.
- Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo.
- Fundamentos para una comunicación efectiva.
- Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable.
- Fundamentos para el aprendizaje continuo.
- Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora

La Dirección Nacional de Orientación y Formación Profesional, perteneciente al Ministerio de Trabajo de la Nación Argentina ofrece la siguiente definición sobre las competencias claves para la empleabilidad: “Son aquellas habilidades necesarias para que la persona emprenda la búsqueda de empleo y pueda desempeñarse en una ocupación.” Entre las mismas podemos encontrar coincidentes con las propuestas por los estándares de acreditación:

- Compromiso y responsabilidad.
- Trabajo en equipo: relacionamiento interpersonal.
- Resolución de problemas: búsqueda de alternativas, capacidad de anticipar resultados y solucionar problemas en situaciones de trabajo.
- Disposición al aprendizaje permanente.
- Comunicación: oral y escrita, interpersonal, argumentación.
- Conocimiento y uso de herramientas informáticas (TICs).
- Autonomía, iniciativa y toma de decisiones.
- Negociación.

Del análisis realizado se observa que cuando el puesto crece en complejidad, jerarquía o remuneración, las exigencias de habilidades y competencias personales, no técnicas aumentan. Se consultaron también artículos sobre las competencias requeridas por los ingenieros [3]; [4]

En este trabajo buscamos contrastar las competencias requeridas actualmente desde plataformas de empleo y encuestas a profesionales de áreas de recursos humanos con la percepción de los alumnos de cuarto y quinto año de las carreras de ingeniería y a egresados de dichas carreras.

2 METODOLOGÍA

Se realizaron diferentes encuestas con los formularios de Google Form con los siguientes resultados.

2.1 Encuesta a profesionales del área de Recursos Humanos (Comunidad Virtual de RRHH)

Fue respondida por 30 profesionales. Con respecto a las competencias más valoradas en los postulantes se puntuó como se indica en la Tabla 1. Se propusieron otras competencias como la proactividad (68%), adaptabilidad (52%), orientación a los resultados (48%)

El 65% consideró que frecuentemente los postulantes cuentan con esas competencias y que los jóvenes se adaptan rápidamente a los puestos de trabajo. Al consultar qué ámbito es mejor para el desarrollo de competencias sociales, políticas y actitudinales puntuaron en primer lugar actividades deportivas, en segundo lugar actividades solidarias y en tercer lugar las actividades educativas /formación

Tabla 1. Competencias más valoradas por reclutadores

Competencias más valoradas por reclutadores	
• Identificación, formulación y resolución de problemas	48%
• Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería industrial. (herramientas informáticas)	48%
• Desempeño en equipos de trabajo.	72%
• Comunicación efectiva.	28%
• Actuación profesional ética y responsable	72%
• Aprendizaje continuo	36
• Actitud emprendedor	44%
• Negociación	56%

2.2 Encuesta a trabajadores (Secundarios y universitarios)

La misma fue respondida por 207 personas (76% hombres y 24% mujeres; 51% entre 25 y 38 años de edad y el 60% con más de 5 años de experiencia laboral y 74% con estudios universitarios)

Coinciden en que las principales competencias más requeridas son el trabajo en equipo, la actuación ética y responsabilidad, la resolución de problemas y la negociación.

La consulta de si pudieron adquirir las competencias en el ámbito universitario el 70.9% contestó que no y el 89.1% que las adquirió a través de la experiencia laboral

2.3 Encuesta a ingenieros estudiantes y egresados

Participaron 118 ingenieros de las siguientes especialidades: Mecatrónica, Petróleo, Industrial (72%), Civil, Sistemas de Información, Química y Recursos renovables entre 24 y 59 años de las universidades Universidad Nacional de Cuyo, UTN Regional Mendoza y Universidad de Mendoza.

Los encuestados consideran haber desarrollado a lo largo de la carrera las siguientes competencias: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería (65%); desempeñarse en equipos de trabajo,(54%) aprender en forma autónoma y continua (44%) y actuar con ética, responsabilidad y compromiso social (28%)

También reconocen carencias en gestionar, planificar y ejecutar proyectos, Comunicar con efectividad, generación de desarrollos tecnológicos y actuar con espíritu emprendedor

El 68% de los egresados ha realizado cursos fuera de la universidad siendo el principal interés la programación, idiomas y otras herramientas informáticas como Excel, Autocad, Solid, Power Bi, Redit y metodologías ágiles. De los encuestados 7 de cada 10 debieron aprender estas habilidades o uso software por otros medios, como Cursos Virtuales, cursos Presenciales y en el trabajo principalmente.

El 98% considera que debe seguir formándose en competencias sociales como comunicación efectiva, creatividad, herramientas tecnológicas.

Se aprovechó la encuesta para ver la percepción que tienen sobre el uso de redes sociales y como afectan a las habilidades sociales, siendo que la mayoría pasa más de una hora al día participando de las mismas, con los siguientes resultados:

Tabla 2. Percepción de competencias y redes sociales

Afectan negativamente	Afectan positivamente	No inciden
Manejo del Stress	Creatividad	Trabajo en Equipo
Concentración		Asertividad
Capacidad de Sociabilización		Autoconfianza

Comunicación Efectiva		
Pensamiento Crítico		

2.4 Relevamiento de competencias en LinkedIn

Se analizaron 40 puestos ofrecidos para ingenieros industriales o afines en la Red LinkedIn y se registraron las competencias requeridas publicadas según se muestra a continuación

Tabla 3. Organizaciones y Puestos analizados de LinkedIn

Empresa	Puesto	Empresa	Puesto
Coty	Demand Planner	Grupo Arcor	Supervisor Operaciones Logísticas
SC Johnson	Sr. Associate, Customer Supply Chain	Grupo Cepas	Analista de procesos y mejora continua
Feas Electrónica S.A.	Ingeniero Industrial	Knight Piesold	Ingeniero Industrial
Process Engineer	Lear Corporation	MVL Limited	Ingeniero Industrial Junior
ID Logistics Argentina	Ingeniero de Proyectos Jr.	Prodeman S.A.	Ingeniero de procesos
Mondelēz International	Process Engineer	Givaudan	Ingeniero de procesos
ILVA S.A.	Ingeniero de Proyectos	Mondelēz International	Ingeniero de procesos
Avery Dennison	Ingeniero de Procesos	Biogénesis Bagó S.A.	Ingeniero para compras
Talent Recruiters	Ingeniero/a de Planta	HUB RH	Gerente de planta y proyectos
Talent Recruiters	Analista de Compras	Elizalde Gestión de Talento	Jefe de mantenimiento
Mondelēz International	Sr Analyst Warehousing	Costumbres Argentinas	Gerente de mantenimiento
Grupo Abans	Ingeniero de Proyectos	Serial de la Torre	Jefe de Mantenimiento
Alsea	Analista de Compras No Productivas	RedTrabaje	Ingeniero Industrial
Pepsico	Ingeniero en procesos	Muebles Tiempo	Control de producción
Sherwin-Williams	Ingeniero de mejora continua	Bernabeu Consultora	Ingeniero senior de procesos
Grupo Consultores de Empresas	Ingeniero Industrial o Mecánico	Grupo Consultor	Gestión y Coordinación de Equipo IT
Kavak	Business & Process Analyst	Focalizar Capital Humano	Ingeniero de Procesos
INVAP	Ingeniero de Costos	ADN	Ingeniero Industrial Metalúrgico
FATE	Ingeniero de planeamiento industrial	Kalpa Group S.A.	Ingeniero Jefe de producción
Multinacional	Ingeniero Industrial JR	Ferrum S.A.	Ingeniero Industrial

Se clasificaron las competencias y se ordenaron según la mayor frecuencia de requerimiento dando la siguiente jerarquía:



Gráfico 1. Competencias requeridas por las empresas

Con respecto a las competencias sociales, políticas y actitudinales propuestas en los estándares de acreditación se verifica que las mismas son requeridas con la siguiente frecuencia:

- Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería industrial. No se evidencian porque son propias del título.
- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería industrial. Se refieren a herramientas informáticas y de gestión. Se requiere en el 57% de los casos
- Desempeño en equipos de trabajo. Es el más alto de las competencias requeridas con el 61.9%.
- Fundamentos para una comunicación efectiva. No se requiere.
- Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable. Si se asemeja a responsabilidad y toma de decisiones es requerida el 28.6% de los casos.
- Fundamentos para el aprendizaje continuo. No se requiere.
- Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora. Si se asemeja a iniciativa y proactividad es requerida para el 33% de los puestos.

2.5 Preguntas abiertas

Con respecto a la pregunta abierta de las encuestas sobre los temas que podría enfocarse la facultad y no lo hace, si bien las respuestas resultaron variadas ve una clara tendencia en:

- Herramientas informáticas, de análisis de datos y otros sistemas de gestión.
- Prácticas y visitas desde los primeros años de la carrera.
- Fomentar los lenguajes de programación, como así también sus aplicaciones en inteligencia artificial, machine learning, etc.
- Entrenar al alumno para la hora de su inserción laboral.
- Actualizar no solo los planes de estudio o materias, sino también los métodos de enseñanza y la manera de evaluar

3 RESULTADOS

Este trabajo presenta los resultados de un relevamiento inicial que ha buscado identificar las competencias solicitadas por las organizaciones con las que se proponen en los nuevos estándares de acreditación y las percepciones que tienen los alumnos y egresados del logro de esas competencias.

Por otra parte se relevaron las expectativas de los reclutadores con relación a las competencias sociales y actitudinales requeridas por las empresas (sin especificar las carreras) y se evidencia coincidencia con las que requieren las organizaciones.

Las habilidades de comunicación si bien están dentro de las competencias de los estándares no se evidencian como requerimiento de las organizaciones en forma específica. (Exceptuando el dominio del idioma inglés).

4 CONCLUSIONES

Finalmente en las conclusiones con respecto a si la formación en la Facultad permite adquirir dichas competencias, se evidencia que se debe reforzar algunas de ellas ya que la mitad de los encuestados considera que no las ha adquirido o las ha adquirido parcialmente y que ha debido recurrir a formaciones adicionales fuera del entorno universitario.

Por otra parte sugieren que se deben proponer otros saberes particularmente relacionados con el conocimiento de herramientas informática, programación y softwares de gestión.

Referencias

- [1] MINISTERIO DE EDUCACIÓN Resolución 1543/2021 Estándares de Ingeniería Industrial. Ciudad de Buenos Aires, 13/05/2021.
- [2] Recuperado de https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- [3] Recuperado de <https://estudiar-a-distancia.uniclaaretiana.edu.co/habilidades-indispensables-para-un-ingeniero-industrial> (17 de mayo de 2021)
- [4] Recuperado de <https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/7-habilidades-que-debe-tener-un-ingeniero-para-alcanzar-el-exito-profesional> (04 de febrero 2016)
- [5] Recuperado de <https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2020/01/13/10-habilidades-profesionales-mas-demandadas-en-2020> (20 de enero de 2020)

Tecnología Educativa aplicada a la enseñanza universitaria: uso de tecnologías emergentes y existentes para mejorar las experiencias de aprendizaje en ciencias aplicadas.

Chinni, Guillermo Andrés

*Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.
Champagnat 1599, Ruta Panamericana Acceso Norte Km.54.5,
B1630AHU Pilar, Buenos Aires, Argentina.
chinni.guillermoandres@usal.edu.ar*

RESUMEN

La tecnología educativa abarca el estudio y la práctica ética para facilitar el aprendizaje y mejorar el rendimiento mediante la creación, el uso y la gestión de tecnologías apropiadas en cuanto a procesos y recursos. La tecnología educativa podría entenderse como el uso de tecnologías emergentes y existentes para mejorar las experiencias de aprendizaje en una variedad de entornos educativos, tales como la enseñanza de las ciencias y sus aplicaciones. Los enfoques de tecnología educativa han evolucionado inicialmente con la ayuda de audiovisuales hasta los actuales y diversos recursos personalizados en celulares y redes de computadoras, incluyendo diversas tecnologías móviles e inteligentes, así como realidades virtuales y aumentadas, entornos inmersivos, recursos en la nube, dispositivos portátiles y geolocalización. La aparición de la pandemia del COVID-19 aceleró la migración hacia entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje; sin embargo, en muchos casos todavía no se ha logrado una integración validada que pocas veces siquiera probada en los diversos ámbitos académicos. Por tales motivos, los objetivos de este trabajo se orientan a conocer las posibilidades y limitaciones en el uso de tecnologías emergentes para mejorar las experiencias de aprendizaje en ciencias aplicadas, especialmente en carreras de ingeniería.

Palabras Claves: tecnología educativa, enseñanza universitaria, ciencia, tecnología, métodos educativos.

ABSTRACT

Educational technology includes the study and ethical practice to facilitate learning and improve performance through the creation, use and management of appropriate technologies in terms of processes and resources. Educational technology could be understood as the use of emerging and existing technologies to enhance learning experiences in a variety of educational settings, such as science teaching and its applications. Educational technology approaches have evolved initially with the support of audiovisuals to current and diverse personalized resources on cell phones and computer networks, including various mobile and smart technologies, as well as virtual and augmented realities, immersive based environments, cloud resources, portable devices and geolocation. The emergence of the COVID-19 pandemic accelerated migration to virtual teaching and learning environments; however, in many cases a validated integration that has rarely even been proven in the various academic fields has not yet been achieved. For these reasons, the objectives of this work are oriented to know the possibilities and limitations in the use of emerging technologies to improve learning experiences in applied sciences, especially in engineering careers.

Keywords: educational technology, university teaching, science, technology, educational methods.

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Argentina de Ingeniería – RADI [ir](#)

Análisis de la intervención ergonómica. Una mirada sobre la enseñanza virtual de la ergonomía en contexto de pandemia

Cuenca, Gabriela*;

*Universidad Tecnológica Nacional, Departamento de Ingeniería industrial.
gcuenca@frba.utn.edu.ar*

RESUMEN

La crisis sanitaria abre nuevos interrogantes sobre el trabajo pues la forma y la percepción se modificó. La cátedra de Ergonomía ante este nuevo contexto se plantea dos acciones principales, la primera acción tiene que ver con nuestro trabajo docente que al verse alterado por la pandemia nos llevó a aprender nuevas formas de abordaje didáctico y tecnológico como paso obligado hacia la virtualidad. Por ser una experiencia nueva decidimos documentar nuestra transición a la virtualidad. La segunda tiene que ver con el trabajo del alumno ya que decidimos visibilizar en el análisis de los puestos de trabajo que realizan los alumnos de 5to año, la variable COVID19. La demanda ahora es que elijan un puesto o situación de trabajo y detecten las diferencias antes y durante la pandemia así como los efectos en los/as trabajadores/as.

En los trabajos prácticos finales analizan un puesto de trabajo usando la metodología ergonómica de la actividad que implica co-construir con el/la trabajador/a su situación laboral, generar hipótesis, diagnósticos y pensar mejoras. En pandemia, esta situación, observada por el alumnado se fue construyendo y reconfigurando durante su análisis. También nosotros, como docentes fuimos aprendiendo a trabajar de forma remota mientras impartíamos la asignatura. Fue absolutamente necesario transitar este proceso como una oportunidad única que nos da el contexto para repensar la situación de trabajo presente y futura pues muchos empleos no volverán a ser iguales incluidos los nuestros como docentes.

En relación a las formas de trabajo se incrementó el teletrabajo, se intensificaron los envíos por delivery y surgió el emprendedorismo ante la falta de trabajo. En relación a los efectos en los trabajadores en la mayoría de los trabajos finales apareció el miedo al contagio y a la pérdida de trabajo, a la disminución del salario, a la precarización y al aumento de la carga laboral. La Ergonomía acompañó al/a la trabajador/a en sus procesos internos donde el sufrimiento, la incertidumbre, la desesperanza y el escepticismo así como la capacidad de resistir y de resiliencia estuvieron presentes durante la intervención, quedando registrado en las verbalizaciones. La pandemia virtualizó las prácticas en terreno y deconstruyó la referencia fabril, hábitat principal (aunque no único) de la intervención ergonómica.

Palabras Claves: Ergonomía, virtualidad, pandemia, trabajo, didáctica

ABSTRACT

The recent health crisis has modified our perception of work and our way to work as well. In this new context, the chair of ergonomics proposes two main actions. The first one has to do with our teaching work that, having been altered by the pandemic, led us to learn new forms of didactic and technological approach as a necessary step towards virtuality. As it was a new experience, we decided to document our transition to virtuality. The second action deals with the students' work. They were asked to include in their final work the effects of Covid19-variable on work and workers.

In final practical works, students analyse a workplace using the activity ergonomics methodology, which involves co-constructing with workers their work situation, as well as generating hypotheses, diagnoses and considering improvements. In pandemic, this situation observed by the students was built and reconfigured during their analysis. Also, we, as teachers, were learning to work remotely while teaching the subject. It was absolutely necessary to go through this process as a unique opportunity given by the context to rethink present and future work situation, since many jobs will never be the same, including ours as teachers.

In relation to the forms of work, teleworking increased, delivery services intensified and entrepreneurship arose due to the lack of work. Concerning the effects on workers, in most final works, there appeared fears for contagion and loss of work, for a decrease in wages, for job insecurity and for a workload increase. Ergonomics accompanied workers in their internal processes where suffering, uncertainty, hopelessness and skepticism as well as resilience and resistance were present during the intervention, and was recorded in the verbalizations. The pandemic virtualized field practices and deconstructed manufacturing reference, the main (though not the only) habitat for ergonomic intervention.

Keywords: Ergonomics, virtuality, pandemic, work, didactic

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

1.1.1 Asignatura electiva: Ergonomía

Dentro de la currícula de la carrera de Ingeniería Industrial, la materia electiva de Ergonomía se ofrece a los alumnos de 5to año. La asignatura está armada en 16 clases, 9 clases teórico/prácticas, 5 clases de trabajo en terreno con seguimiento de tutores y las últimas 2 clases se dedican a exposición del trabajo final, evaluación de la cursada en cuanto a logro de objetivos, balance sobre el curso y recepción de opiniones de los alumnos sobre la asignatura y sobre las mejoras a realizar. El horario de la cursada es de 19 a 23hs, con una frecuencia de una vez por semana durante un cuatrimestre.

Las clases teórico prácticas están armadas en función del trabajo final, pensadas desde una gradualidad del conocimiento y siguiendo los pasos de una intervención ergonómica.

Es así que en la primera clase explicamos que es y cómo se plantea la demanda, la detección del problema, las hipótesis, la preparación de la ida a terreno, los acuerdos de confidencialidad que deben firmar así como la obtención de permisos para filmar, sacar fotos y hablar con los trabajadores. Desde la segunda clase se les asignan tutores, que -durante la cursada corrige sus trabajos prácticos y el trabajo final. Otra instancia importante son las 3 presentaciones individuales en power point, de los puestos elegidos por los/as alumnos/as. Estas exposiciones permiten al alumnado aprender de sus compañeros/as otras maneras de plantear el trabajo, las particularidades de las situaciones laborales elegidas, las dificultades encontradas y las soluciones propuestas. Pero también revelan la manera de preguntar y de co-construir con el/a trabajador/a dicha intervención.

1.1.2 El cuerpo docente

Durante el 2020 estuvo conformado por 2 ingenieros industriales que revisten la categoría de ayudante de primera y jefa de trabajos prácticos, esta última posee dos posgrados uno como Especialista en Ergonomía y el segundo en Higiene y seguridad; en mi caso revisto la categoría de adjunta soy Diseñadora Industrial y Ergónoma. Este año se incorporó una docente de la Facultad que es arquitecta, Especialista en Higiene y seguridad y ha finalizado su Especialización en Ergonomía. Contamos con un ayudante alumno que además trabaja en la Institución. Los ingenieros/as y el ayudante alumno han cursado y aprobado la materia de Ergonomía y se han propuesto espontáneamente para ser ayudantes. Este mismo cuerpo docente se desempeña en tareas de investigación desde la creación de la asignatura en el 2004.

1.1.3 Los soportes tecnológicos

Aula virtual

A partir del 2016, la cuenta de correo electrónico fue reemplazada por un espacio digital en la plataforma "aula virtual de la UTN-FRBA". A través de esta, los alumnos de un mismo curso, pueden encontrar un espacio creado por los docentes responsables para acompañar el desarrollo de las clases presenciales. La plataforma constituye un medio de comunicación entre los docentes y los alumnos ya que permite enviar mensajes en forma masiva a los alumnos registrados.

Plataforma Moodle

Durante los primeros 10 años toda la documentación didáctica de la cátedra (material teórico, prácticas, videos, ppts, bibliografía) y las comunicaciones con los alumnos se realizó via email. En el 2014 migramos todo el material formativo e informativo. En el 2016 otro de nuestros ayudantes continuó mejorando la herramienta y esto nos permitió tener un mejor uso de la misma.

En el aula virtual el alumnado puede enviar sus TPs, dentro de un período definido por los docentes. Fuera de ese tiempo, el espacio se bloquea y no permite la recepción de Tps. Esto garantiza el cumplimiento en tiempo y forma de las entregas. Este sitio web, permite publicar encuestas a ser contestadas por los alumnos, por lo que constituye una base de información estadística a utilizar en futuros proyectos de investigación.

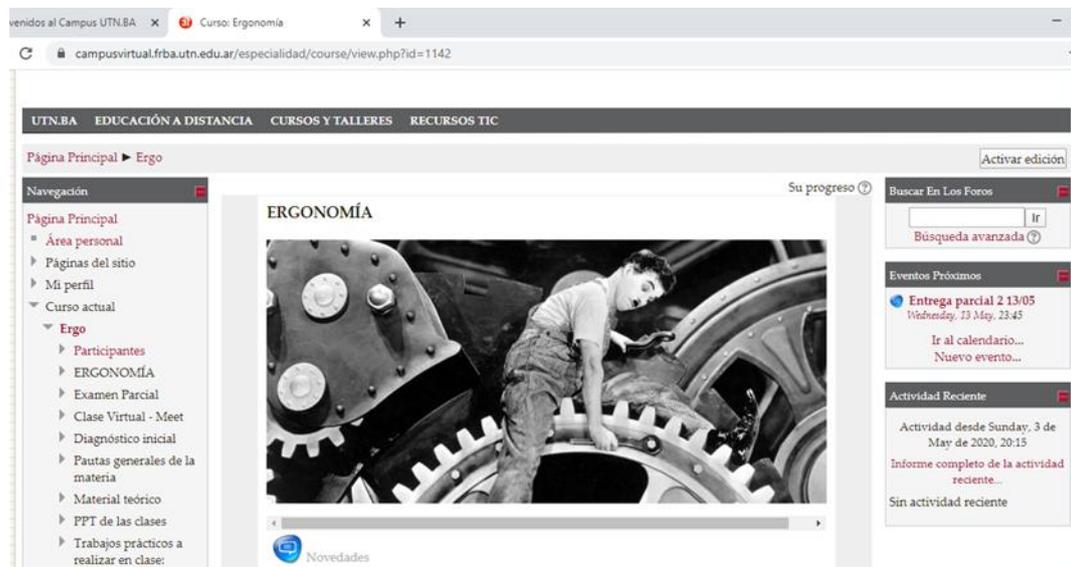


Figura 1 Cátedra de Ergonomía subida a la plataforma Moodle

Plataforma Meet

Gracias al convenio de la Facultad con Google tuvimos acceso a todo el paquete G-Suite y nosotros como cátedra elegimos la herramienta Google Meet, que es una nueva aplicación de videoconferencias grupales con un límite de 200 participantes por medio de video-llamadas. Operativamente el inicio de cada clase se da por una interfaz que luego de introducir un código de reunión nos da acceso al espacio tanto a los alumnos como a los docentes. Estos 'códigos' son las únicas contraseñas a usar en cada clase. Además aparecerán las próximas reuniones programadas, integrándose con Google Calendar.

1.2 Objetivos del trabajo:

- Analizar el pasaje de nuestra práctica docente de presencial a virtual
- Reconfigurar la práctica ergonómica en función de la pandemia.
- Entender el cambio como una posibilidad de pensar el trabajo
- Visualizar el contenido de los trabajos prácticos finales en pandemia

1.3 Metodología

1.3.1 Ejes de estudio

Hay dos ejes de estudio, el primero es analizar cómo se vio alterado nuestro trabajo en tanto docentes y trabajadores por el COVID19 y como resolvimos el pasaje a la virtualidad. Utilizamos la escritura como forma de documentar y dejar huella de lo que iba sucediendo en las clases, también fue importante este registro para recordar las decisiones tomadas ante cada desafío tecnológico y/o didáctico. El segundo eje está centrado en el análisis de las nuevas situaciones laborales generadas por la pandemia y elegidas por los/as alumnos/as, dichos cambios fueron documentados por los/as tutores/as donde las correcciones efectuadas via email y Meet fueron la impronta de los avances producidos y cuyo resultado se observó en la presentación final.

1er eje: Nuestra práctica docente ante la pandemia: presencial vs virtual

Reconversión tecnológica: la pandemia nos planteó la necesidad de adaptarnos y pasar en muy poco tiempo de la presencialidad a la virtualidad. Este pasaje en nuestro caso, no fue abrupto ya que desde el 2014 la materia estaba en la plataforma Moodle, sin embargo el desafío fue el dictado de las clases teórico prácticas en forma remota utilizando la herramienta Google Meet provista gratuitamente por la Facultad.

El Departamento de Ingeniería Industrial en conjunto con la Dirección de Educación a distancia perteneciente a la Secretaría Académica estuvo presente en todo momento facilitando este traspaso por medio de tutoriales e intercambios via email. Presentó módulos de capacitaciones para las distintas materias, con ejemplos sumamente didácticos. La cátedra se preparó realizando reuniones previas al inicio de la cursada para ajustar las herramientas de comunicación virtual,

charlas por Meet, cada integrante presentó los power points que usaríamos en clase para aprender el manejo y de esta forma bajar las posibilidades de error. Hemos iniciado un camino de aprendizaje compartido entre docentes y estudiantes. En este contexto de cambio no debemos desestimar la adaptación del alumnado a esta modalidad lo que supuso también una adecuación tecnológica y sostener la clase desde una computadora, laptop o teléfono celular. En el 2020 las clases tuvieron una asistencia del 100 % del alumnado.

En cuanto al material teórico práctico, debemos decir que en pandemia no se modificó ni el cronograma, ni los contenidos; se respetaron la cantidad de días de cursada, los horarios de clase y la frecuencia semanal. Se mantuvieron la cantidad de trabajos prácticos grupales por clase con la diferencia que los hacían en sus casas y los enviaban por email.

2do eje: la elección de los puestos mediados por la pandemia y el trabajo en terreno

Además de la adaptación tecnológica, la mayor adecuación que tuvo que hacer la cátedra y el alumnado fue la elección de las situaciones a observar para que el trabajo final pudiera dar cuenta de los cambios antes y durante la pandemia y los efectos en el trabajador. También fue necesario abordar como solucionarían el trabajo en terreno ante el confinamiento como co-construir con el trabajador sin poder estar en la situación de trabajo. Todos los años la cátedra solicita un análisis de puesto ya sea en entornos industriales (PyMES Mi PyMES o Micro-PyMES), o de profesiones liberales, u oficios o en comercios cercanos a sus viviendas, pero con el COVID19 y el confinamiento no fue posible visitar dichos entornos.

La metodología se basó en análisis cualitativo de los trabajos entregados por el alumnado. Debemos aclarar que si bien la consigna era integrar los cambios y efectos producidos por la pandemia en los puestos analizados en muchos casos decidieron en conjunto con el tutor/tutora realizar dicho análisis solo de la situación antes del COVID. Por esta razón algunas entregas reflejaron las consignas de años anteriores y otras la actual.

2 RESULTADOS

2.1-Nuestra práctica docente

2.1.1 Amigándonos con las herramientas

Como hemos dicho, al estar usando el Moodle desde el 2014 no fue un obstáculo al momento del dictado de la materia. Sin embargo el uso del google Meet necesitó un periodo de aprendizaje y adaptación que continuó incluso durante el dictado de clase. Fueron de mucha utilidad todos los tutoriales y enlaces provistos por la Facultad.

Personalmente, al iniciar la clase tuve problemas de ruidos parásitos o de fondo lo que me llevó a aprender a calibrar el audio, dificultades para compartir pantalla, para comprender que hay cierres parciales y totales y que estos últimos me cortan la sesión. Entendí que para una mejor conexión debía apagar la cámara y que había una manera de compartir el power point sin mostrar la barra de tareas. Usar auriculares mejoraba la escucha. Fue necesario prender la cámara antes de iniciar la clase para chequear la iluminación, el sonido. Otro punto que internalicé fue como grabar una clase con y sin alumnos y decidir si se bajaba en la nube o en la computadora. Todo esto significó horas extra-laborales para estar más segura y tranquila con el instrumento y metodológicamente fue aprendizaje por ensayo/error.

Luego en un segundo nivel vimos que no podíamos generar aulas para los trabajos prácticos por lo que continuamos todos juntos.

El dictado de los módulos teóricos supuso entender que hablábamos hacia un público que no veíamos, que no interactuaba con la fluidez de la presencialidad reduciéndose los tiempos utilizados en la teoría. Si bien una vez presentada las filmas, los alumnos podían preguntar nos faltaban las miradas, sus gestos, su interés o desinterés y su asentimiento para verificar que habían entendido.

El trabajo de tutorías continuó -desde la corrección- como antes via email y por Meet cuando necesitábamos aclarar o resolver dudas rápidamente. Estas reuniones por Meet se mantuvieron por afuera del horario de la clase durante la semana y a veces los fines de semana.

En relación a la evaluación formal, nos propusimos abordar la experiencia de diseñar y tomar un parcial teórico utilizando la herramienta Moodle e identificar los problemas aparecidos luego del parcial y aprender del suceso así como definir acciones y mejorar la implementación del próximo parcial. Las preguntas se diseñaron conformando un mix entre abiertas y de elección múltiple, se les dio media hora para completar el parcial y dos oportunidades para corregir la respuesta. Nos encontramos con muchos exámenes idénticos sobre todo en las respuestas abiertas. Entendimos

que no pudimos/supimos generar un examen que nos permitiera asegurar que los alumnos habían internalizado los conocimientos. Este antecedente sirvió para pensar en otras maneras de evaluar para poner en práctica en el siguiente año lectivo.

2.2- La práctica de los alumnos

Como ya hemos dicho la práctica ergonómica de nuestro alumnado durante el 2020 supuso hacerse otras preguntas diferentes a las planteadas antes de la pandemia. Esto colocó a nuestros alumnos en una situación de escucha atenta.

Por ejemplo nos pareció necesario que identifiquen qué preguntas aparecen en terreno cuando el trabajo y la forma de hacerlo cambian; o cómo se analiza un puesto que se está construyendo al momento de la observación, o qué le pasa al sujeto cuando su trabajo deja de tener sentido tal cual lo conocía o cómo es el trabajo mediado por la pandemia. Todas estas preguntas que surgen de la cátedra se las planteamos al alumnado para que intente obtener respuestas en el puesto elegido.

2.2.1 Elección del puesto y acercamiento al terreno

Como cátedra, dos semanas antes de iniciar las clases y durante las dos semanas de iniciadas le pedimos al alumnado que eligiera un puesto y que tomara la mayor cantidad de fotos y filmaciones. Esta estrategia fue de mucha utilidad pues en la tercera semana de cursada comenzó el confinamiento dejándolos sin la posibilidad de ir a los puestos de trabajo.

También existieron recursos por parte del alumnado para poder analizar el puesto elegido aun sin poder ir a verlo. Esto significó solicitar a los trabajadores que tomen sus propias fotos y hagan videos de sus puestos de trabajo y ellos al momento de trabajar, las entrevistas las mantuvieron via Meet, es decir que la co- construcción que se establece en la intervención solo fue posible de forma virtual.

A continuación presentamos los puestos elegidos por los/as alumnos/as para el trabajo final

Elección de puestos 2020	
Cocinero de Restobar	Ecografista a domicilio
Sushi Man	Chofer Uber
Mozo de Cafetería	Corredora ropa
Asistente de Odontólogo	Puesto RR.HH. - PC
Masajista Drenaje Linfático	Taxista
Operador de máquina automática en Embotelladora	Trabajo HomeOffice - Multinacional
Heladero (servido)	Operador de monitoreo
Dueño de Empresa de Transporte durante Covid-19	Cirujano cardiovascular
Atador de embutido (frigorífico)	Control de Calidad en empresa de Alimentos
Heladero (servidor de helado)	Puesto de diariero
Cortador de césped y podador	Mantenimiento de barreras de acceso en Metrovías
Portero de edificio	Emprendimiento de Costura
Local de quesos	Ferretero
Médica hematologa	Peluquera canina
Repositor comercio de autopartes	Emprendimiento de Pastelería
Profesor de funcional	Empleado centro de copiado
Osteopata	Empaquetador en Virulana
Cajera en comercio de materiales de construcción	Encargado en Barrio Privado
Taller afilado herramientas frigorificas	Veterinario

Figura 2 Puestos elegidos por los alumnos/as para realizar el trabajo práctico final

De los 40 trabajos finales presentados, hemos seleccionando los que muestran el grado de incidencia de la pandemia en los puestos analizados y los efectos en los trabajadores. Como segundo punto nos interesa verificar si algunas de las preguntas propuestas por la cátedra fueron contestadas por los/as trabajadores/as.

Casos:

En el caso del cocinero de restobar, su actividad aumentó por la pandemia porque su compañero se quedó en su casa. Siguió cocinando pero para envíos. El horario de trabajo se redujo.

El mozo de cafetería se quedó en su casa durante la pandemia por ser mayor de 60 años. El análisis se hizo recuperando la actividad anterior al covid19 y por medio de entrevistas al trabajador.

El asistente del consultorio odontológico siguió trabajando durante la Pandemia porque el centro no cerró. Aumentó la carga mental ante la posibilidad de contagio y en él se intensificó el trabajo de limpieza.

La masajista de drenajes linfáticos por estar próxima a jubilarse antes de la pandemia ya había bajado la cantidad de clientes a atender (solo 4 por día) en su casa. Durante la pandemia siguió atendiendo con turno y extremando las medidas de seguridad e higiene.

Los dos puestos de servido de helados siguieron atendiendo sin público y solo por delivery. Bajó la tensión por apremio de tiempo ya que pueden manejar mejor los pedidos y porque no tenían al cliente delante de ellos. Aumento el miedo al contagio sobretodo en uno de ellos tiene hijos chicos.



Figura 3 Diferencias entre la tarea y la actividad pre y durante el COVID19 en los puestos de servido de helado

El dueño de la empresa de transporte escolares dejó de trabajar siguió pagando a sus empleados que en estos meses hicieron changas y los primeros dos meses se dedicó a acondicionar su flota. No pudo reconvertirse porque para poder transportar trabajadores esenciales debía cumplir con requisitos que no tenía y no los podía afrontar económicamente. Preocupado por no poder generar dinero, se apoya en sus hijas que trabajan durante la pandemia.

En cuanto al trabajo de podador los primeros dos meses no trabajó quedándose en su casa; luego volvió con algunos clientes pero extremando los cuidados de seguridad e higiene.

El sushi-man continuó su trabajo sin cambios en cuanto al volumen de pedidos pues se siguió trabajando por medio de delivery.

En todos los casos aumentó la carga mental, el estrés y la preocupación ante la incertidumbre y el contagio.

La osteópata antes del Covid19 atendía entre 8 y 10 pacientes diarios más tareas administrativas luego pasó dos meses sin poder trabajar y ahora sus pacientes se redujeron al 25% al igual que sus ingresos generándole estrés e incertidumbre por no saber cuándo podrá reiniciar su actividad normalmente. Deja una hora entre cada paciente para desinfectar y esto le genera gastos extras.

En cuanto al análisis del trabajo de la psicóloga, nos explica que antes del Covid19 se dedicaba a la atención clínica en consultorio privado con sesiones de una hora de terapia individual en una playa horaria de 10 a 20 horas, de lunes a viernes. En la actualidad, las sesiones las realiza por video conferencia en su domicilio con su celular y no en el consultorio. En cuanto a las molestias reportadas son físicas y posturales y por el uso del celular para mantener las sesiones.

El siguiente puesto analizado es el de una médica hematóloga pediatra que trabaja en un Hospital Municipal de la Ciudad autónoma de Buenos Aires. En el servicio se realizan tratamiento de pacientes pediátricos con patologías benignas y malignas. Esto implica evaluaciones de laboratorio, solicitudes de exámenes complementarios y revisiones presenciales que conducen al diagnóstico de la enfermedad para la implementación futura del tratamiento adecuado, así como internaciones. Previo al Covid19 su horario de trabajo era de lunes a viernes de 8 a 14 hs con reuniones en el servicio. Hoy los/las trabajadores/as se turnan semana por medio para prevenir el contagio pero también intensificaron el uso de barbijos y máscaras debido al contexto y las reuniones se mantienen de forma virtual. Por el momento no se realizan estudios en el microscopio y además de su trabajo habitual la médica hematóloga se encarga de organizar historias clínicas y asignar turnos ya que la secretaría se encuentra cerrada. Ha decidido llevar elementos de protección personal. Aumentó su carga mental han tener que hacer otras tareas y convivir con la potencialidad de un contagio.

3. CONCLUSIONES

Si bien para nosotros el objetivo principal es que el alumnado incorpore los conocimientos de la disciplina ergonómica, hoy por la pandemia aparecen nuevos desafíos que, como docentes necesitamos transitar, comprender e internalizar para poder cumplir nuestro objetivo didáctico.

Es así que entendimos necesario analizar nuestro pasaje de la presencialidad a la virtualidad, identificado los problemas tecnológicos que tuvimos que resolver tanto en el uso de herramientas virtuales como en la adecuación de los soportes didácticos. Dicho pasaje de nuestra práctica docente demostró la baja versatilidad de la herramienta elegida (google Meet) y una disposición de mucho tiempo extra-laboral para el aprendizaje y uso de las nuevas plataformas. Relacionado con el ítem sobre las dificultades que atravesamos fueron: la imposibilidad -por desconocimiento o por ausencia de esa opción en la herramienta- de armar grupos en clase de forma simultánea (lo que en zoom son las salas) e interactuar con los alumnos en pequeños grupos; la posibilidad latente de cometer errores y desconectarse de la clase y finalmente la barrera visual de no poder ver a los alumnos mientras dábamos clase y así verificar el grado de comprensión del tema. Otro tema didáctico fue la reconfiguración de los trabajos prácticos finales para que el alumno contextualizado por la pandemia analice un puesto de trabajo al cual lo atraviesan otras circunstancias que las habituales y pueda -usando la metodología ergonómica- darle al trabajador/a herramientas para reflexionar sobre el cambio.

Durante la práctica se pudo constatar que dar la clase teórica casi sin interrupciones significó que la misma dure mucho menos de lo pautado en la presencialidad. También aparecieron nuevos códigos a internalizar como levantar la mano utilizando un ideograma o el uso del chat para hacer preguntas y/o colocar un enlace o documento. Otro punto importante fue la experiencia específica del parcial, las lecciones aprendidas, los cambios introducidos en la materia tanto en el replanteo de las dinámicas pedagógicas al incorporar herramientas complementarias para desarrollar actividades interactivas y sobre-todo cómo modificó esta experiencia la planificación de la materia hacia el Ciclo lectivo 2021 ya que hemos decidido para el 2021 intensificar otras prácticas y dimensiones para no realizar parciales y si focalizarnos en un único trabajo práctico individual con un acompañamiento permanente del tutor/ra .

En síntesis esta reflexión sobre la acción desarrollada como docentes sobre el pasaje hacia la virtualidad nos permitió anticipar y prepararnos para futuros escenarios similares o con puntos de anclaje a los ya transitados. Para los/as ergónomos/as estos escenarios los llamamos *situaciones de acción características*, o situaciones de referencia -términos acuñados por François Daniellou-, que nos permiten actuar más rápido por transposición y poder unir lo viejo con lo nuevo.

En cuanto al segundo ítem sobre la reconfiguración de la práctica lo que se buscó fue integrar la pandemia en los puestos elegidos por los/as alumnos/as y mostrar que pese al confinamiento y restricción de circulación- pudieron resolver satisfactoriamente nuestro requerimiento y algo muy importante de esta experiencia, fue que entendieron que si bien no es la situación ideal no fue necesario ir a una fábrica para realizar una intervención ergonómica y que pudo co-construirse con el trabajador/a proponiéndolo como el actor principal.

Este cruce entre aprendizaje de la ergonomía y re-contextualización de la noción de puesto y de situación de trabajo se visualizó cuando los alumnos expusieron su trabajo final donde no solo explicaron cómo la intervención ergonómica permitió un acompañamiento metodológico para comprender la pandemia sino que les planteó un acercamiento al problema y los efectos sobre el trabajador analizados desde otro lugar que no son las cargas físicas de trabajo.

Charles Gadbois y Jacques Leplat en su artículo *Connaissances et interventions* dicen que "La práctica ha sido concebida como la aplicación de conocimientos científicos de un determinado campo. Esta visión fue cuestionada por Schön (1983,1987) quien demostró que la aplicación de conocimientos era una habilidad que iba más allá del conocimiento mismo. Durante mucho tiempo se ha entendido a la práctica como la resolución de problemas ignorando que también es un proceso de planteo de problemas mediante el cual una situación problemática se transformaba en problema, es decir mediante el cual uno " nombra las cosas que se deben considerar y el marco en el que se las quiere tratar"(pag10). Hemos aprendido de la práctica. Necesitábamos transitar esta experiencia para tomarla como situación de referencia para el año próximo y así repensar lo hecho, idear, mejorar lo nuevo y brindar otras y más posibilidades didácticas. ,

A los pocos días de terminar la cursada 2020, la experiencia virtual aplicada al trabajo práctico final fue de calidad y sumamente enriquecedora. Aunque los entornos cambiaron más rápido que nuestras lógicas, encontramos más elementos positivos que negativos.

El tercer objetivo fue el de entender el cambio como una posibilidad de pensar el trabajo.

Entendimos la pandemia como una oportunidad para pensar nuestro propio trabajo actual y futuro así como los puestos elegidos por los alumnos/as y sus formas de abordarlos. No podíamos como en otros años pedirles a los alumnos que vayan al lugar de trabajo porque o bien el lugar de trabajo cerró, o estaban produciendo otra cosa o la cantidad de personal disminuyó. Lo que esperaban observar hasta marzo ya no era posible, pues el trabajo y las condiciones cambiaron y el confinamiento no les permitió acudir. En virtud de este marco la cátedra de ergonomía se replantea el trabajo práctico final. Surge la necesidad de visibilizar la pandemia en contexto y no negarla, entonces otras son las cargas y los efectos a observar. El trabajo de campo pasó de presencial a virtual. Las entrevistas son remotas, las imágenes las toman los trabajadores, el terreno es teórico. La ergonomía posibilita que el trabajador confrontado a su nueva realidad exprese lo que le pasa, apareciendo el sufrimiento, la incertidumbre, la desesperanza, el escepticismo. Las prácticas ergonómicas hacen emerger la resiliencia, la posibilidad de pensar otras formas de trabajo. Este paradigma nos lleva a resituarnos y a desvincularnos de los marcos de referencia habituales como las fábricas de cualquier tipo y tamaño y la metodología participativa en terreno que hoy se virtualiza al no poder ir ni hablar con el operario de forma presencial. Otro punto importante de la intervención es afirmar que en muchos casos no existe ni acción pasada ni experiencia vivida por el trabajador pues el puesto es otro o es nuevo. Desde lo pedagógico nos interpela sobre la virtualidad y el poder enseñar y transmitir lo que hasta el año pasado lo hacíamos cara a cara.

3.1 Cambios a partir de la experiencia 2020

A partir de la experiencia del 2020 decidimos realizar los siguientes cambios para el ciclo lectivo 2021:

- pasar de Meet a Zoom PRO, herramienta propuesta por la Facultad.
- subir todas las clases teóricas previamente grabadas para que el alumnado escuche o vuelva a escuchar la clase.
- subir más material teórico como soporte a cada clase y muchos ejemplos de análisis de puestos de trabajo en varios idiomas.
- implementar con temas elegidos por la cátedra el trabajo de monografías y colocar una carpeta teórica donde se explica cómo hacer una monografía, cuáles son sus objetivos, etc.
- agregar una carpeta sobre las normas APA para que comiencen a redactar según un criterio científico.
- instituir reuniones informales antes de iniciar la materia, y dentro del cronograma dejar días de consulta, resultando una excelente experiencia pues partimos de la práctica para teorizar.
- tomar además de los indicadores usuales como el presentismo otros tales como desempeño, participación e interés en clase y repensar los tp parciales y finales para reemplazar el examen parcial
- tomar en cuenta el diagnóstico inicial de los alumnos y saber sus intereses y expectativas con respecto al contenido de la cursada y de ser necesario abordar temas específicos
- invitar a profesionales a explicar la incidencia de su trabajo en los trabajadores
- desdoblar las 3 entregas parciales y finales con un desfasaje de una semana entre grupo y grupo lo que permitió disponer de más tiempo para las correcciones (en lugar de evaluar 14 cada semana se evaluaron 7 por tutor/a)
- solicitar a los alumnos/as que suban sus power point parciales y finales al Moodle y presentarlos usando la herramienta Zoom PRO.

4. REFERENCIAS.

[1] Cuenca G. (2021). Organisations without employers, reflection on future work in workplaces In: Black N.L., Neumann W.P., Noy I. (eds) Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021). AIE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 219. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_17

[2] Cuenca G., & Aslanides M. (2019). Professional Ergonomics Education in Argentina. In: Bagnara S., Tartaglia R., Albolino S., Alexander T., Fujita Y. (eds) Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). IEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 821. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96080-7_86

[3] Cuenca G. (2018) La gestion des temps de travail des enseignants d'écoles de Buenos Aires. Actes du 53 Congrès de la SELF, Bordeaux, Francia. pag: 288- 295.

[4] Cuenca, G. (2018). Use of Reflexive Practice in Students of Industrial Engineering for the Construction of Knowledge in Ergonomics. In: Bagnara S., Tartaglia R., Albolino S., Alexander T., Fujita Y. (eds) Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics

Association (IEA 2018). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 825. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-96068-5_111Print ISBN978-3-319-96067-8. Volume VIII: Ergonomics and Human Factors in Manufacturing, Agriculture, Building and Construction, Sustainable Development and Mining

[5] Cuenca G, & Aslanides M (2018). Professional Ergonomics Education in Argentina, Congress of the International Ergonomics Association, pag: 711-717 edit. Springer, Cham

Agradecimientos

La autora de este trabajo desea agradecer a los integrantes de la Cátedra de Ergonomía durante el 2020: Mariana Marcovecchio, Matías Natiello, Exequiel Buscacci y Gabriela Maller, ya que el aporte de cada uno posibilitó el dictado de la asignatura haciendo que la transición fuera un trabajo de equipo donde nos sostuvimos y aprendimos mutuamente.

Continuidad de las experiencias en la práctica de una ingeniería más social

Vilariño, Ramiro*; López Conde, María Eugenia; Tarando, Matías

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Av. Paseo Colón 850, C1063ACV, C.A.B.A.
rvilarino@fi.uba.ar, mlopezconde@fi.uba.ar; mtarando@fi.uba.ar*

RESUMEN

En investigaciones anteriores hemos demostrado cómo se ha ido ampliando el enfoque de los Trabajos Profesionales de Ingeniería Industrial respecto al tipo de organizaciones abordadas, en sintonía con las distintas realidades que ha transitado nuestro país y el mundo y con los intereses propios que traen los jóvenes generación tras generación.

Asimismo las experiencias relevadas de los/as alumnos/as visibilizan que para los proyectos desarrollados en el tercer sector, el ámbito público y el cooperativismo existen limitaciones para diseñar e intervenir en proyectos orientados al desarrollo sostenible y la resolución de problemáticas complejas que requieren un abordaje desde una cosmovisión, lenguaje y aptitudes específicas que demandan este tipo de proyectos.

A partir del 2019 hemos implementado estrategias para mejorar la formación de alumnos/as en los proyectos sociales: hemos convocado y desarrollado un equipo de docentes más especializado y con recorrido en la materia para acompañar a los nuevos/as alumnos/as en el entendimiento de otros tipos de economías y organizaciones; hemos consolidado instancias de formación para aproximarse a herramientas específicas de gestión de proyectos sociales y una extensa bibliografía de consulta; y hemos generado instancias de aprendizaje colectivas mediante talleres de intercambio donde los/as alumnos/as pueden plasmar sus emociones, aprendizajes, inquietudes y reflexiones que surgen de hacer ingeniería industrial en todo tipo de organización.

Las conclusiones del estudio ponen nuevamente en evidencia algunas de las conclusiones del ensayo anterior: es imperioso acercar nuevas herramientas y saberes en etapas anteriores de la carrera para formar(nos) en las nuevas demandas sociales y ambientales que exigirán en el corto plazo la práctica masiva de la ingeniería.

Sin embargo, el carácter innovador de este ensayo es que permitió visibilizar los efectos positivos de pensar estratégicamente y conforme demandan las formaciones del alumnado, nuevas metodologías de aprendizaje con herramientas y bibliografía específicas y docentes que mejoren la experiencia de la práctica profesional en este tipo de proyectos (sociales).

Palabras Claves: ingeniería industrial, social, ambiental, sustentable, educación

ABSTRACT

In previous research we have shown how the focus of Industrial Engineering jobs has been expanding with respect to the type of organizations approached, in tune with the different realities that our country and the world have experienced and with the interests of the young.

Likewise, the relevant experiences of the students make visible that for the projects developed in the third sector, the public sphere and cooperativism there are limitations to design and intervene in projects aimed at sustainable development and the resolution of complex problems that require a approach from a worldview, language and specific skills that these types of projects demand.

Since then we have implemented strategies to improve the training of students in social projects: we have convened and developed a more specialized team of teachers with experience in the matter to accompany new students in understanding other types of economies and organizations; we have consolidated training instances to approach specific management tools and an extensive reference bibliography; and we have generated collective learning instances through exchange workshops where students can express their emotions, learnings, concerns and reflections that arise from doing industrial engineering in all types of organizations.

The conclusions of the study once again highlight some of the conclusions of the previous essay: it is imperative to bring new tools and knowledge in previous stages of the career to train (us) in the new social and environmental demands that practice will require in the short term.

However, the innovative nature of this essay is that it makes visible the positive effects of thinking strategically and as required by the student's training, new learning methodologies with tools and specific bibliography and teachers that improve the experience of professional practice in this type of project (social).

Keywords: industrial engineering, social, environmental, sustainability, education

1. INTRODUCCIÓN

Los campos de aplicación de la Ingeniería Industrial son cada vez más, pues cada vez hay más organizaciones, sectores y actividades donde se pone en práctica la profesión. Esta realidad ya ha sido explorada por el Ing. Ramiro Vilariño en su ensayo “Ingeniería, revisión crítica al desarrollo de la disciplina y asomo de un nuevo horizonte en la práctica y enseñanza” en la edición 2017 del COINI [1] donde se dejó en evidencia la necesidad imperiosa de trabajar las habilidades sociales para desarrollar y lograr resultados reales en nuestro trabajo.

Dando continuidad a aquellos aportes es que en la edición 2020 del COINI se encaró un estudio por el Ing. Ramiro Vilariño y la Inga. María Eugenia López Conde [2] donde se propuso validar la tendencia de ampliación del campo de trabajo de Ingeniería Industrial y la necesidad de habilidades alternativas para nuestra profesión. Para ello nos paramos en nuestra experiencia en la docencia en una de las últimas asignaturas de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UBA, en la que las/o alumnas/os próximas/os a graduarse realizan un Trabajo Profesional en algún proyecto elegido por ellas/os. Este Trabajo Profesional es análogo a una consultoría aplicada de la profesión en el marco de un tutelaje personalizado. Entendíamos que esta práctica, era un buen reflejo de la diversidad de sectores y actividades que año a año van siendo protagonistas de los ámbitos de intervención de la Ingeniería.

Este segundo estudio dejó en evidencia que no estamos tan bien preparados/as en la carrera para intervenir en algunas realidades donde nuestra práctica profesional nos requiere. También se concluyó que hay sectores claramente identificados donde es cada vez mayor la demanda de ingenieros y que hay nuevas herramientas y saberes necesarios para esas nuevas demandas que debemos buscar por fuera de lo aprendido.

Paralelamente a estos estudios y mientras los proyectos en los ámbitos del Tercer Sector, el ámbito público, y la economía popular y solidaria (cooperativismo) iban aumentando en cantidad y presentando nuevos desafíos para el alumnado y la docencia, es que a mediados de 2019 se entabló un diálogo entre la cátedra que representamos y el Ministerio de Desarrollo de la Nación, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Prov. de Bs. As. y la Dirección General de Reciclado del GCBA, dada la necesidad de Ingeniería Industrial para mejorar situaciones muy concretas en economías populares y sociales donde estos entes intervienen.

Estas articulaciones permitieron que la cátedra ofreciera a los/as alumnos/as temas y organizaciones concretas donde realizar su Trabajo Profesional, y presentó un desafío para la ingeniería (industrial) tanto en la práctica profesional de los/as alumnos como en el ejercicio de la docencia de la cátedra. Desde entonces hemos implementado nuevas estrategias para mejorar la formación de alumnos/as en los proyectos sociales: por un lado, formando un equipo de docentes más especializado y con experiencia en este tipo de proyectos que ha acompañado a los nuevos/as alumnos/as en el entendimiento de otros tipos de economías y organizaciones; por otro, consolidando instancias de formación para aproximarse a herramientas específicas de gestión de proyectos sociales y una extensa bibliografía de consulta; y por último generando instancias de aprendizajes colectivos mediante talleres (“maratones”) de intercambio donde los/as alumnos/as pueden plasmar sus emociones, aprendizajes, inquietudes y reflexiones que surgen de las experiencias de hacer ingeniería (industrial) en todo tipo de organización.

Eso dió pie a varios proyectos de trabajo profesional, algunos de ellos ya finalizados con éxito que nos fueron dejando ciertos aprendizajes y frustraciones. Este tercer estudio relacionado indaga nuevamente sobre las experiencias de los/as alumnos/as que han desarrollado su Trabajo Profesional en el ámbito ya formalizado de proyectos en el tercer sector y cooperativismo pero con un plantel de docentes de Ingeniería Industrial con experiencia y vocación en estas organizaciones. Buscamos entonces comparar los resultados de la experiencia de estas/os nuevas/os egresadas/os con los resultados del estudio anterior realizado para el COINI 2020 [2].

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación es comparar las experiencias de las/os alumna/os que hicieron su trabajo profesional de Ingeniería Industrial con cooperativas y organizaciones de la economía popular en acompañamiento de docentes especializados y la puesta a disposición de herramientas y conocimientos específicos, en comparación con los alumnos que lo hicieron previamente a la formalización de este equipo de trabajo.

3. ALCANCE

Para realizar la comparación se consultó a los/as alumnos/as que hubieren realizado y/o están realizando su Trabajo Profesional a partir de mediados de 2019 momento en el cual comenzamos a implementar las nuevas estrategias de formación mencionadas anteriormente. El relevamiento alcanzó a 23 alumnos/as, de los cuales 14 alumnos/as se encuentran con el proyecto terminado y 9 alumnas/os se encuentran con su Trabajo Profesional aún en curso.

4. METODOLOGÍA

La investigación combina métodos cualitativos y cuantitativos, utilizando el mismo instrumento utilizado en la investigación anterior. La aproximación cualitativa contribuye con la interpretación de los resultados del abordaje cuantitativo.

4.1. Consideraciones básicas

Metodológicamente, en un trabajo de investigación, la población es un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra. Es el grupo al que se intenta generalizar los resultados del estudio. Comprende todos los elementos que presentan características comunes que se definen a través de criterios establecidos para el estudio. La población la constituyen “los/as alumnos/as que realizaron su práctica profesional en proyectos sociales a partir del 2019 en la cátedra de Ingeniería Industrial”. En total son 50 alumnas/os comprendidos en los proyectos sociales. En este estudio, por tener una población limitada intentamos realizar un estudio censal, y finalmente alcanzamos a 23 de ellos/as (46,0% del total).

4.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis es “cada alumno/a que cursó la asignatura Trabajo Profesional a partir de mediados de 2019 en que canalizamos los proyectos en cooperativas, tercer sector y estado en un grupo de tutores docentes especializados”.

4.3 Instrumento de recolección de datos

Para realizar la encuesta a los/as alumnos/as repetimos la herramienta de encuesta a través de Google Form la cual contó con 5 secciones diferentes, con una sección ajustada para este estudio:

Sección 1: Introducción, nos permitió clasificar por género, plan de estudios, año de finalización del proyecto y validamos que el tipo de organización donde realizaron el proyecto fueran cooperativas y economía popular.

Sección 2: Herramientas, esta sección estuvo focalizada en consultar qué asignaturas aplicaron de las obligatorias o las electivas, que herramientas en particular y la dificultad encontrada para aplicarlas en el proyecto final. Así mismo que otras herramientas debieron utilizar que no hubieran sido aprendidas y en donde tuvieron que buscarlas.

Sección 3: Comunicación, con unas primeras consultas acerca de cómo llegaron a la organización y cómo fueron recibidos por la misma. También si tuvieron dificultades con la comunicación y a qué se debieron esas dificultades.

Sección 4: Impacto del proyecto. En esta sección se busca entender si la/o alumna/o está satisfecho con el trabajo y el impacto sobre su formación. También si considera que fue de impacto para la organización y para el medio ambiente. También si impactó a los referentes del proyecto, a la sociedad alrededor del mismo y cómo.

Sección 5: Reflexiones finales: se consulta sobre las reflexiones sobre la formación actual de Ingeniería Industrial en la UBA, la mirada de género y la perspectiva de derecho. Dentro de esta sección y cómo único agregado al instrumento de recolección de datos anterior, consultamos a los/as alumnos/as por sus experiencias en el trabajo que venimos haciendo de poner a disposición proyectos sociales y acompañarlos/as con un grupo de docentes especializados, con propuestas de formación específica y bibliografía para seguir mejorando la experiencia.

5. RESULTADO

5.1. Distribución de proyectos

En este caso la encuesta fue contestada por 23 alumnos/as todos/as dentro de organizaciones cooperativas de la economía popular o en empresas recuperadas.

5.2. Herramientas y asignaturas

5.2.1 Asignaturas obligatorias

Una primera línea de investigación indaga el esfuerzo que emplea el alumnado para poder implementar herramientas adquiridas a lo largo de su formación en la Ingeniería Industrial. En el siguiente cuadro se observa del estudio anterior [2] el promedio de la cantidad de asignaturas obligatorias en las cuales se apoyaron para desarrollar el trabajo profesional.

Tabla 1. Promedio de cantidad de asignaturas obligatorias consultadas investigación COINI 2020 [2]

Resultados estudio COINI 2020 [2]						COINI 2021
COOPES / EC. POPULAR	EMPRENDIMIENTOS	ESTADO / ORG. PÚBLICAS	Multinacional / Empresas Grandes	OSC / ONG	PyMEs	COOPES / EC. POPULAR
5,7	5,0	5,1	3,7	5,8	4,4	6,0

Del nuevo estudio focalizado, observamos un aumento en la cantidad de consultas siendo en promedio de 6,7 asignaturas obligatorias para alumnos/as con el proyecto finalizado y de 4,9 en el caso de las/os alumnos/as aún con el proyecto en curso.

Del análisis de esta última información se destaca que la mayor parte de las consultas se concentran en 4 grupos de asignaturas: Higiene y Seguridad Industrial (75% de las/os alumnas/os), Gestión de costos e Ingeniería Económica A (71%), Organización industrial I II o III (58%) y en Gestión Ambiental / Ingeniería Ambiental (58%), demostrando algunas áreas con mayor necesidad de análisis en los proyectos vinculados con la economía popular y el cooperativismo ya que se abordan las especificidades de las problemáticas habituales que presentan dichas organizaciones, problemas relacionados a la infraestructura, a las condiciones informales e inseguras de trabajo o al impacto ambiental asociado al proyecto.

5.1.2 Dificultades y motivos en la aplicación de las herramientas. Oferta electiva.

Repasamos el grado de dificultad en la aplicación de las herramientas y teorías aprendidas durante la carrera y lo comparamos con los resultados del estudio anterior [2]:

Tabla 3. Dificultades por tipo de proyecto en investigación COINI 2020 [2]

¿Qué grado de dificultad encontraste en la implementación de estas herramientas?				
	Resultados estudio COINI 2020 [2]			COINI 2021
	EMPRENDIMIENTOS	OSC, COOP Y ESTADO	MULTINACIONALES Y PYMES	COOPERATIVA / ECONOMÍA POPULAR
Alta	5,36%	19,05%	6,45%	4,35%
Regular	49,11%	47,62%	32,26%	65,22%
Baja	45,54%	33,33%	61,29%	30,44%
total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Lo interesante en este caso es poner en evidencia cómo con dinámicas específicas orientadas a estas prácticas profesionales se modifica significativamente la percepción del alumnado respecto a las dificultades en la implementación de las herramientas. Aún así, nuevamente se visibiliza que hay una mayor percepción de dificultades en promedio en proyectos en Cooperativas y Economía Popular. Ahondando en las razones encontramos que principalmente resulta dificultoso aplicar la teoría de herramientas que no ajustan a la realidad práctica de los proyectos y luego la accesibilidad a datos e información confiable que ya del estudio anterior era una de las razones previas más importantes para este tipo de proyectos.

Tabla 4. Principales dificultades en la aplicación de herramientas en investigación COINI 2021

Accesibilidad y confiabilidad de datos y/o información	36,36%
Vínculo con referentes / contactos y/o entorno de empresa / organización	0,00%
Repaso teórico de las herramientas	9,09%
Al aplicar los conceptos teóricos en TP se encuentran dificultades prácticas	54,55%
Dificultades con docencia / abordajes de la cátedra	0,00%

Asimismo, nos alegró encontrarnos con que ningún alumno/a identificó cómo dificultad lo relacionado con el vínculo con los referentes de la organización, lo cual si había sido identificado en el estudio anterior como una razón relevante de dificultad [2] y confiamos en que el acompañamiento de las/os alumnas/os por docentes tutores especializados y las organizaciones que acercaron el proyecto a la Facultad ha sido de mucha ayuda para generar y mantener los vínculos que permitieron llevar adelante los proyectos.

5.1.3 Nuevas herramientas

Del estudio anterior [2] habíamos concluido que 9 de cada 10 alumnos/as trabajando en el Tercer Sector tienen que aprender nuevas herramientas, y la mitad de los alumnos/as que realizan el trabajo en Cooperativas, ámbito público y emprendimientos también requieren aprender nuevas herramientas, mientras que estas fracciones son considerablemente menores para las/os alumnas/os que realizan trabajos en Multinacionales o PyMEs.

Profundizando en las necesidades de aprendizajes teórico-prácticos de los/as alumnos/as, se les consultó respecto a qué tipo herramientas han requerido aprender. En tal sentido han

manifestado principalmente preocupación por aprender herramientas sociales de gestión y evaluación de los proyectos en el cual destacan las siguientes herramientas: la tasa de descuento social o bien indicadores socioeconómicos, para evaluar el impacto social del proyecto. Ya no se menciona el aprendizaje de lo que es Economía Popular o Cooperativismo que se mencionaba en el estudio anterior [2] y que ya es parte del contenido que compartimos los/as tutores docentes especializados.

De hecho, en lo referido a las fuentes usadas para adquirir las nuevas herramientas, para los/as alumnos/as que realizaron el trabajo a partir del 2019, el docente / tutor junto a la bibliografía que se aporta se convirtió en la principal estrategia para acceder a estas nuevas herramientas. La tabla 7 muestra la comparativa de resultados con el estudio anterior.

Tabla 7. Fuentes para el aprendizaje de nuevas herramientas. Comparativa de resultados

	Resultados estudio COINI 2020 [2]			COINI 2021
	Emprendimientos	OSC / ONG, Coopes y Estado	Multinacional / Empresas Grandes	COOPES / EC. POPULAR
Fuentes bibliográficas	52,73%	56,25%	39,19%	57,14%
Consultas con profesionales / docentes de la carrera de las ingenierías	52,73%	37,50%	41,89%	57,14%
Consultas con profesionales / docentes de la carreras sociales	5,45%	9,38%	2,70%	0%
Enseñanzas de contactos / referentes del proyecto	32,73%	56,25%	47,30%	42,86%
Internet / Youtube / La Nube	67,27%	53,13%	49,32%	57,14%
Otras	9,09%	6,25%	12,16%	14,29%

5.2. Comunicación

5.2.1 Acceso al trabajo

Del estudio anterior [2] se daba cuenta que si bien hay un interés del alumnado en realizar trabajos en estas unidades productivas, en la práctica encontraban dificultades para tender un puente entre cooperativas -economía popular- y la ingeniería.

A partir de este estudio y lo realizado en los últimos años, es lógico (y gratificante) encontrar cómo resultado que hemos tendido ese puente que acerca al alumnado interesado con organizaciones interesadas en recibir un acompañamiento en sus proyectos: De los 23 alumnas/os que participaron del estudio 22 encararon su Trabajo Profesional en la Economía Popular por ser un trabajo propuesto por la cátedra de Trabajo Profesional, Departamento o la Facultad.

5.2.2 Vínculo con la contraparte y validaciones

Respecto a conocer cómo fue el vínculo con la contraparte del proyecto, repasando el resultado del estudio anterior y en comparación con los nuevos resultados es que afortunadamente sigue siendo muy positiva la recepción de la comunidad de Ingeniería en los proyectos sociales. Podemos observar esa comparación en la tabla 8.

Tabla 8. Vínculo con la contraparte. Comparación estudio COINI 2020 [2] con nuevo estudio

¿CÓMO TE RECIBIERON LOS REFERENTES / CONTACTOS DEL PROYECTO?							
	Resultados estudio COINI 2020 [2]						COINI 2021
	COOPES / EC. POPULAR	EMPRENDIMIENTOS	ESTADO / ORG. PÚBLICAS	Multinationales / Emp. Grandes	OSC / ONG	PyMEs	COOPES / EC. POPULAR
Bien	85,71%	39,29%	87,10%	69,36%	100%	77,13%	86,96%
Indiferente	14,29%	7,14%	12,90%	20,23%		19,73%	8,70%
Mal		4,45%		2,89%			4,35%
No existen referentes		49,11%		7,51%		3,14%	
Suma total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Y siguiendo con la comparación de resultados nos alegró concluir que nuevamente en el universo estudiado en esta oportunidad seguimos con una buena tasa de experiencias que logra validar el proyecto realizado con la contraparte cómo se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Validaciones del proyecto. Comparación estudio COINI 2020 [2] con nuevo estudio

	Resultados estudio COINI 2020 [2]						COINI 2021
	COOPES / EC. POPULAR	EMPRENDIMIENTOS	ESTADO / ORG. PÚBLICAS	Multinacional / Emp. Grandes	OSC / ONG	PyMEs	COOPES / EC. POPULAR
NO	9,52%	19,07%	32,26%	56,45%	11,11%	34,98%	13,04%
No hay referentes		49,11%		7,51%		3,14%	
SI	90,48%	31,82%	67,74%	36,05%	88,89%	61,88%	86,96%
Suma total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Indagando en este nuevo estudio cómo fueron estas validaciones, señalan los alumnos/as que son instancias de aprendizaje: *“De mucho aprendizaje, con feedback para seguir aprendiendo y creciendo como profesional”, “Muy buenas, y necesarias para presentar un proyecto viable para la cooperativa. Y una instancia de aprendizaje de cómo comunicar un proyecto”*. Cabe destacar que muchos de los proyectos estudiados fueron realizados o bien cerrados dentro del período de Pandemia COVID-19 y muchos/as alumnos/as destacaron que a pesar de esa situación pudieron, ya sea acercarse al territorio o validar los resultados en forma remota y efectiva.

5.2.3 Dificultades en la comunicación

A propósito de las experiencias de validación, se indagó también si hubo problemas en la comunicación. En el estudio anterior encontrábamos dificultades significativas de comunicación en el alumnado que realizó trabajos en cooperativas y economía popular y afortunadamente vemos una mejora importante en esta dimensión de análisis, donde en la tabla 10 observamos un porcentaje significativamente menor que si presenta problemas de comunicación.

Tabla 10. Problemas de comunicación con contraparte. Comparación estudio COINI 2020 [2] y nuevo estudio

	Resultados estudio COINI 2020 [2]						COINI 2021
	COOPES / EC. POPULAR	EMPRENDIMIENTOS	ESTADO / ORG. PÚBLICAS	Multinacional / Emp. Grandes	OSC / ONG	PyMEs	COOPES / EC. POPULAR
NO	47,62%	64,81%	70,97%	73,68%	88,89%	79,81%	56,52%
PUEDE SER	14,29%	22,22%	25,81%	15,79%	11,11%	10,33%	21,74%
SI	38,10%	12,96%	3,23%	10,53%	0,00%	9,86%	21,74%
Suma total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Nuevamente en todos los casos, el alumnado que indica tener dificultades en la comunicación con la contraparte expresa que principalmente se debe a la demora en las respuestas y si bien una fracción del alumnado manifestó que el COVID-19 pudo ser un inconveniente adicional a la comunicación, varios mencionaron la incompreensión o desconfianza cómo otros obstáculos que debemos seguir trabajando en este ámbito.

5.2.4 Aprendizajes en la comunicación

Cuando se le preguntó al universo en estudio por sus aprendizajes en relación con la comunicación, se destacan las siguientes reflexiones: *“Necesidad de Setear expectativas de antemano y adecuar el lenguaje.”, “Aprender a escuchar y respetar los tiempos del otro”*. Estos son uno de los principales pilares que transmitimos al alumnado: la clave de la comunicación está en el respeto mutuo por las trayectorias, por los aprendizajes y por las interpretaciones que hacemos y que están condicionadas por nuestro contexto social y cultural en el cual nacimos. En otras palabras, por ejemplo, hay quienes perciben la basura como un desecho y hay quienes perciben la basura como un medio de subsistencia. Sólo (y nada fácil) es cuestión de tener la sensibilidad para interpretar qué valoración le da la contraparte.

5.3. Reflexiones críticas sobre la ingeniería y la formación

5.3.1 Conformidad por resultados del trabajo

En el abordaje de esta dimensión, se le consultó al alumnado en qué medida de satisfacción se encuentra con el producto alcanzado. Nuevamente comparamos las respuestas con las del estudio anterior [2]. Ponderando de los niveles de satisfacción de 1 a 5 entre muy poco satisfecho y muy satisfecho respectivamente, notaremos en la tabla 12 que se mantiene la tendencia de mayor satisfacción frente a trabajos realizados en multinacionales o PYMES..

Tabla 12. Satisfacción promedio ponderada con el proyecto. Comparación estudio COINI 2020 [2] y 2021

Nivel de satisfacción promedio	Resultados estudio COINI 2020 [2]						COINI 2021
	COOPES / EC. POPULAR	EMPRENDIMIENTOS	ESTADO / ORG. PÚBLICAS	Multinacional / Emp. Grandes	OSC / ONG	PyMEs	COOPES / EC. POPULAR
	4,05	4,13	4,19	3,89	4,00	3,69	4,00

5.3.2 Reflexiones respecto a la formación

Las razones detrás de los números del apartado anterior se explican a través de las experiencias individuales de los impactos alcanzados por los trabajos profesionales a nivel formativo. En tal sentido se le ha consultado al alumnado qué impactos creen haber tenido por el desarrollo del trabajo en su formación como ingeniero/a. En dicha pregunta 22 de los 23 alumnas/os estudiados señala que el Trabajo Profesional ha tenido incidencia en su formación, valor superior al 9 de 10 que arrojó el estudio anterior.

Sin embargo, lo que es de interés para este estudio es concentrarnos en indagar en cuáles fueron estos aprendizajes. En tal sentido, la mayoría de los/as alumnos/as indicaron haber desarrollado algún aprendizaje, valoran haber adquirido una reflexión respecto a las prácticas de la ingeniería, una concepción distinta de la ingeniería, y una mirada más comprometida con la sociedad: *“Me alegra mucho haber tenido la oportunidad de realizar un trabajo profesional en una cooperativa, ya que el esfuerzo que uno le dedica tiene sus frutos en la comunidad que lo recibe y lo pueden aprovechar. También me pudo acercar a la realidad de la economía popular y la economía social, que no conocía tan de cerca. Y creo que es muy importante que los alumnos puedan conocer estas realidades y saber que con muy poco se puede generar un alto impacto en estas cooperativas”*; *“Creo que como profesional me aportó otra manera de ver y analizar la realidad, una más amplia, por fuera de lo que es la economía formal de mercado. Pude conocer otra forma de organización del trabajo, la horizontalidad en la toma de decisiones, con conciencia y compromiso social, orientada a mejorar la calidad de vida de cada miembro a través del trabajo, la capacitación y la constante búsqueda de nuevas oportunidades en un contexto social, político y económico siempre cambiante.”*; *“Como conocimiento de campo. El interactuar directamente con personal de la cooperativa y permitir conocer nuevas dificultades y situaciones ambientales que muchas veces uno por diversos motivos desconoce, nos lleva a ver otras realidades y necesidades que se deben contemplar en el trabajo. “En aspectos blandos y de inclusión que serían difícil de adquirir si no fuese por esta oportunidad.”*

En el desarrollo de los proyectos se ponen en juego consideraciones económicas, pero sobre todo las sociales y ambientales. Lo anterior se valida efectivamente cuando se le consulta al alumnado respecto a los impactos que cree haber tenido en estas dimensiones.

5.3.3 Impacto en la rentabilidad

Respecto a un posible impacto del proyecto en la rentabilidad de las cooperativas y economías populares, el estudio anterior presentado en COINI 2020 [2] arrojó una fracción de 7 de cada 10 alumnas/os que señalan haber o creer haber impactado positivamente en la rentabilidad de la organización. Esto tiene su correlato con el esfuerzo del alumnado por lograr una mejora en las cooperativas, cualquiera sea su dimensión. En este nuevo estudio nos encontramos con una mejora en esa proporción donde 8 de cada 10 alumnas/os creen haber impactado en la rentabilidad de la organización.

5.3.4 Impacto en el medioambiente

Asimismo, se le consultó al alumnado si tuvo en cuenta el impacto (positivo o negativo) en el medioambiente. Para esta dimensión volvemos a comparar los resultados del estudio presentado en el COINI 2020 [2]. Nuevamente se valida que hay en su mayoría experiencias profesionales de alumnos/as que señalan haber incidido en el medioambiente. Esto tiene su razón de ser en tanto siguen existiendo dos grandes ramas de trabajos profesionales en cooperativas: las cooperativas de recuperadores urbanos y las cooperativas recuperadas.

5.3.5 Impacto en la contraparte

También se le ha consultado nuevamente al alumnado si cree haber impactado en las personas, referentes o contactos del proyecto, es decir, en la contraparte. La comparativa entre los estudios que ya venimos mencionando pone en evidencia nuevamente que 9 de cada 10 alumnos/as manifiestan haber influido en las personas / referentes. Respecto a los impactos, las experiencias del alumnado señalan un impacto positivo en la calidad de vida de las familias y/o personas vinculadas con las organizaciones abordadas.

5.3.6 Impacto en la sociedad

También se le consultó al alumnado si cree haber impactado en la sociedad y en la siguiente tabla mostramos los resultados comparativos del estudio realizado para el COINI 2020 [2] en comparación con el último estudio.

Tabla 16. Impacto en la sociedad. Comparación estudio COINI 2020 [2] y 2021

¿Crees haber influido en la sociedad?	Resultados estudio COINI 2020 [2]						COINI 2021
	COOPES / EC. POPULAR	EMPRESARIOS	ESTADO / ORG. PÚBLICAS	Multinacional / Emp. Grandes	OSC / ONG	PyMEs	COOPES / EC. POPULAR
NO	16,67%	29,36%	16,67%	59,75%		58,22%	8,70%
NO APLICA		33,94%	3,33%	6,92%		6,57%	4,35%
SI	44,44%	22,02%	30,00%	14,47%	71,43%	16,90%	47,83%
TAL VEZ	38,89%	14,68%	50,00%	18,87%	28,57%	18,31%	39,13%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

El estudio visibiliza nuevamente que los proyectos en estos espacios se perciben con un fuerte impacto en la sociedad. Esto se pone en evidencia en algunos comentarios que ejemplifican el impacto generado: *“El rol de la ingeniería en la sociedad y la economía siempre fue muy importante para el diseño de aplicaciones para la industria empleando la tecnología disponible y la optimización en la utilización de los distintos factores de producción. Hoy en día, creo que se le está dando más importancia a la cuestión social, en línea con la mayor toma de conciencia sobre los cambios y desafíos que se están presentando en el mundo a nivel tecnológico, económico, cultural y ambiental. Esto es clave para poder ser más flexibles, abiertos, inclusivos y adaptarnos con más versatilidad ante las exigencias y demandas que requieren de respuestas urgentes y soluciones creativas. para mejorar las condiciones de vida (económicas, sociales, ambientales, laborales) del entorno dónde se realizan actividades productivas “.*

5.3.7 Reflexiones respecto a la formación con perspectiva de género y de derechos

Tal como se viene señalando, las experiencias del alumnado dan cuenta de una falta de herramientas y conceptos para encarar estas dimensiones de evaluación en los proyectos de ingeniería. En tal sentido, la respuesta del estudio da cuenta de que muy pocos/as creen haber recibido formación en género y derechos tal cómo se observa en la tabla 17.

Tabla 17. Formación con perspectiva de género y de derechos

¿Tuviste formación con perspectiva de género y perspectiva de derecho?	Género	Derechos
	SI	8,70%
NO	47,83%	17,39%
MUY POCA	39,13%	65,22%
NS/NC	4,35%	0,00%
	100%	100%

Indagando aún más en esta reflexión sobre la ingeniería, y la necesidad de pensar la formación en términos de garantizar una perspectiva de género y una perspectiva de derechos, se le consultó al alumnado si, a pesar de haber o no haber recibido dichas formaciones, cree necesario incluirlas en la currícula. Las respuestas dan cuenta que el 61% cree necesario incluir una

perspectiva de género y el 78% del alumnado desea la transversalización de la perspectiva de derechos en la formación de la ingeniería.

¿Por qué se observan estas respuestas? Hemos documentado en la edición 2017 del COINI [1] cómo la formación de la ingeniería fue y sigue siendo traccionada por demanda del mercado laboral. Esto asimismo viene anulando la posibilidad que la ingeniería pueda apropiarse de recursos, herramientas y metodologías que permitan otras orientaciones profesionales tales como en el ámbito público, el tercer sector, el cooperativismo y en menor medida el emprendedorismo.

5.3.8 El perfil del ingeniero/a

Lo indicado anteriormente queda plasmado en las respuestas del alumnado respecto al perfil del ingeniero/a industrial que forma la FIUBA que se ven en la tabla 19 donde lo comparamos con las respuestas obtenidas en el estudio anterior presentado en el COINI 2020 [2].

Tabla 19. Perfil del ingeniere. Comparación estudio COINI 2020 [2] y 2021

¿Dónde creés que podría trabajar la/el ingeniera/o?	Resultados estudio COINI 2020 [2]				COINI 2021
	COOPES / EC. POPULAR	EMPRENDI MIENTOS	ESTADO / ORG.S PÚBLICAS	Multinacional / Emp. Grandes	COOPES / EC. POPULAR
Multinacionales y Grandes empresas	100,00%	95,16%	98,24%	98,25%	100,00%
Pequeñas y Medianas empresas	94,64%	87,10%	94,21%	93,52%	95,65%
El ámbito público	76,79%	72,58%	74,31%	74,61%	82,61%
Formación académica	70,54%	67,74%	70,28%	70,05%	82,61%
Tercer sector y cooperativismo	59,82%	61,29%	60,96%	60,77%	82,61%

Si bien sigue siendo indudable que el perfil del ingeniero/a formado en la FIUBA está pensado en mayor medida para el ámbito de las multinacionales, las grandes empresas y las PyMEs, notamos con gran entusiasmo que contribuyendo con nuevas dinámicas en la formación de los/as alumnos/as se evidencia un aumento en las percepciones del alumnado respecto a la posibilidad de desempeñarse en la Economía Popular, Social y Solidaria y creemos que este es el mayor cambio contundente de la formación de un equipo de trabajo especializado para dar a conocer, y acompañar este tipo de proyectos.

5.3.9 Proyectos Sociales dentro de Trabajo Profesional de Ingeniería Industrial

Por último, aprovechamos la instancia para consultar por la implementación de este grupo de trabajo con docentes especializados dentro de la cátedra de Trabajo Profesional de Ingeniería Industrial de la FIUBA, donde recogimos algunas respuestas que nos impulsan a seguir adelante con esta formación. En las tablas 20, 21, 22, 23 y 24 pueden verse las respuestas de lo consultado.

Tabla 20. Convocatoria

¿Qué te pareció la convocatoria para realizar Proyectos Sociales desde la cátedra?	
Excelente	69,57%
Bueno	26,09%
Regular	4,35%
Malo	0,00%
Muy Malo	0,00%
Suma total	100,00%

Tabla 21. Cuerpo de docentes especializado

En qué medida crees que ayuda tener un cuerpo de docentes especializado en Proyectos Sociales?	
Fundamental	86,96%
Importante	13,04%
Indistinto	0,00%

Poco Importante	0,00%
No contribuye en absoluto	0,00%

Tabla 22. Clases especiales de Gestión de Proyectos Sociales

¿Te resultó de utilidad la Clases Especial de Gestión de Proyectos Sociales que se dio desde la cátedra?	
Muy útil	43,48%
Bastante útil	26,09%
Poco útil	4,35%
Nada útil	0,00%
NS/NC	26,09%
Suma total	100,00%

Tabla 23. Experiencia de tribunal de Proyecto Social

¿Cómo fue tu experiencia en el tribunal defendiendo un Proyecto Social?	
Excelente	39,13%
Regular	26,09%
Mala	4,35%
NS/NC	30,43%
Suma total	100,00%

Tabla 24. Acompañamiento del docente / tutor

¿Cómo te acompañó tu docente/tutor en la realización del proyecto social?	
Con sugerencias acertadas de cómo vincularme con contacto la contraparte	82,61%
Aportando bibliografía específica para la gestión / evaluación de proyectos sociales	69,57%
Compartiéndome experiencias y generando sinergias con otros proyectos	65,22%
Facilitando contactos territoriales de la empresa, cooperativa, organización	56,52%
Visitas en territorio / empresas / cooperativas / organización	43,48%
No hizo grandes aportes	13,04%

La tabla 20 muestra que la propuesta de una convocatoria poniendo a disposición proyectos sociales es interesante para el alumnado ya que más del 95% contestó en forma positiva. La tabla 21 da cuenta de lo importante de acompañar estos proyectos, para los cuales no estamos profundamente formados, con docentes especialistas en este tipo de organizaciones. La tabla 22 muestra también un resultado muy positivo por incluir contenido especial para este tipo de intervenciones. Al ser una charla especial no optativa creemos que quienes no contestaron es que no han participado y de los que sí han participado 9 de 10 la han encontrado entre bastante y muy útil. La tabla 23 muestra un resultado similar a la tabla 22 donde los que ya han pasado por la instancia del tribunal han tenido en general buena experiencia. En esta línea igual destacamos un comentario de un alumno que manifestó lo siguiente: *“Senti que el tribunal desconocía por completo lo que es una cooperativa.”* dejando en evidencia que este tipo de proyectos también tiene que ser evaluado en tribunal por un cuerpo de docentes con experiencia en cooperativismo y economía popular para utilizar criterios acordes con la intervención de un ingeniero industrial en una organización con características diferentes a las de la economía más tradicional.

Finalmente, en la tabla 24 vemos que los dos principales aportes del tutor están relacionados con habilidades específicas de conocer el tipo de organizaciones, de cómo vincularse y dónde encontrar el contenido bibliográfico específico para este tipo de proyectos. Estas respuestas confirman el efecto positivo del grupo de trabajo especializado que hoy se está desarrollando

A lo anterior hemos sumado algunas declaraciones interesantes de la experiencia que nos entusiasman para seguir con el proyecto: *“Muy agradecido con la Facultad por darme esta*

oportunidad de realizar mi TP Profesional en uno de estos proyectos sociales. Se siente muy bien poder ayudar a gente que realmente lo necesita y al mismo tiempo poder recibirse de Ingeniero.”; “Mi experiencia fue excelente, rescato más que nada la posibilidad de conocer una economía que a pesar de ser, diría, cada vez más predominante uno no conoce por los trabajos que puede conseguir un ingeniero o estudiante de ingeniería. Además, estuvimos muy acompañados por el cuerpo docente y especialmente de nuestro tutor.”; “Me parece excelente la propuesta y el empuje de la cátedra y ojalá que a medida que vaya creciendo, se puedan ir haciendo realidad más proyectos de este tipo que cambien tangiblemente la realidad de las personas... “

6. CONCLUSIONES

A lo largo de este tercer estudio hemos validado varios de los aprendizajes del estudio anterior presentado en el COINI 2020 [2] respecto a los ingenieros industriales haciendo su trabajo profesional en el ámbito del cooperativismo y la economía popular, aunque el aporte probablemente más interesante de este estudio tiene que ver con la validación positiva de lo que estamos haciendo para fomentar, dar a conocer, poner a disposición de alumnos/as, facilitar y acompañar proyectos sociales. Un alumno expresa positivamente lo indicado: *“Gracias equipo por la energía y dedicación puesta en liderar este curso de proyectos sociales que son una gran oportunidad para que muchos estudiantes en el último tramo de la carrera puedan hacer algo distinto a todo lo hecho hasta el momento. Particularmente, fue muy importante para que me recibiera ya que sinceramente me costaba mucho encontrar un tema de TP que me motivara e interesara y no tenía la posibilidad de hacer algo relacionado a la empresa en la que trabajo ni ganas de encarar un proyecto individual desde cero.”; “Seguir con estos proyectos ya que es una gran iniciativa.”*

Lo más gratificante para este cuerpo de docentes es que el alumnado encuentra en la realización de las prácticas profesionales una enorme conformidad con el resultado alcanzado, pero sobre todo un nuevo sentido a su profesión. Las experiencias del sector cooperativo, dan cuenta de un impacto positivo en lo ambiental y también, y principalmente, en la posibilidad de que el proyecto impacte positivamente en la vida de las familias vinculadas con las organizaciones abordadas. Algunas menciones al respecto fueron: *“El proyecto mejora en ingresos y en las condiciones de trabajo”;* *“Permite que aquellos quienes trabajan en la cooperativa mantengan su puesto y aumenten sus expectativas”;* *“Produjimos mejoras para generar cambios a futuro en el camino de la inclusión y del medio ambiente.”* y *“Apuntamos a mejorar las condiciones de trabajo dentro de la Coope. los compañeros deberían percibir mejoras (menos lesiones, molestias corporales, etc).“*

En tanto a las lecciones más contundentes tiene que ver -en principio- con la importancia de generar puentes entre la(s) institución(es) académica(s) y estas unidades productivas. En este sentido, si bien la Economía Popular, Social y Solidaria hoy en emplea más del 35% de la población en condiciones de empleabilidad, estos proyectos productivos no llegan a las instituciones académicas -sobre todo de las ingenierías- por sus medios.

Asimismo, estos puentes requieren de ciertos vectores de éxito. Un/a alumno/a de ingeniería (industrial), que en muchos casos (la mayoría) no ha tenido ningún contacto previo con el tercer sector o el cooperativismo, requiere de un acompañamiento territorial para facilitar esa inserción. En este sentido, las instituciones académicas tienen un rol protagónico para tender puentes que permitan acercar proyectos al alumnado y asimismo poner a disposición los medios y recursos para mejorar o -incluso- hacer posible la práctica profesional.

Puentes con inserción territorial. ¿Cómo se logra? La clave está en disponer los medios y recursos que faciliten esa articulación. Por un lado, en identificar y convocar a los actores territoriales que tienden los puentes: organismos públicos, movimientos sociales, organizaciones sociales, organizaciones de base, entre otros. Por otro lado, como se ha visto en las experiencias, la inserción se garantiza convocando a docentes / tutores especializados que faciliten el abordaje territorial. Este abordaje territorial, gira en torno a dos ejes de trabajo concreto: a) por un lado son los/as docentes / tutores los/as que facilitan y acompañan el trabajo territorial ya sea yendo al territorio con los/as alumnos/as o facilitando los contactos territoriales.; b) brindando herramientas que mejoren la interacción entre alumnado y contraparte de proyectos sociales.

Estas herramientas de gestión de proyectos sociales se dan como vector de aprendizaje para comprender estas “nuevas” realidades que son invisibilizadas a lo largo de la carrera. Estas aprendizajes son vitales para el desarrollo profesional, ya que permiten sortear la otra dificultad señalada por el alumnado, respecto a la incomprensión y los malos entendidos que aparecen justamente por no manejar un mismo lenguaje: cuando el alumnado que -arrastra ciertos patrones culturales- presta funciones en el cooperativismo con su lenguaje técnico y académico se activan modelos mentales que estimulan una desconfianza recíproca y resultan en dificultades para la comprensión de las manifestaciones de ambas partes. En este sentido, los vectores mencionados en el trabajo territorial no sólo se vuelven importantes para validar el trabajo y para aprender -deconstruyendo modelos mentales- sino también fortalecen la confianza entre partes. Con esta propuesta, se logra sortear en parte el problema.

Por otra parte, y como complemento de las interacciones entre alumnos/as y docentes, se vuelven fundamentales las instancias de formación. Y por formación trascendemos lo estrictamente

conceptual para atender también lo emocional. La (de)construcción de los saberes aprehendidos en la carrera de ingeniería (industrial) hemos propuesto realizarla en marcos colectivos: seminarios / talleres / maratones. En estos espacios, no sólo se permite problematizar dificultades en la aplicación de herramientas, sino también poner en común sensaciones, emociones y frustraciones como instancia de aprendizaje. No está demás mencionar que los/as actores/as de estas unidades productivas de la economía popular han (y siguen) atravesado enormes injusticias sociales por la vulneración de sus derechos. El desembarco de alumnos/as en estas realidades (por lo general lejanas y ajenas) desencadenan emociones, sensaciones y frustraciones para los cuales la ingeniería no nos prepara. Entra en juego una ingeniería emocional totalmente invisibilizada en la carrera, la cual no ha brindado la herramienta más exitosa que hemos encontrado para canalizar estas emociones: espacios de experiencias compartidas. En nuestra experiencia, los mejores espacios para transitar emocionalmente estas prácticas profesionales son aquellos lugares donde el/la alumno/a se siente comprendido/a por otro/a alumno/a que ha atravesado sensaciones análogas. En nuestra experiencia, el/la alumno/a tiene tanto para aprender de los docentes como de los referentes de las unidades productivas, y sobre todo, de otros/as alumnos/as.

Y sin embargo, no es suficiente. Y en este sentido volvemos al origen del ensayo: el pleno empleo dejó de ser una realidad desde hace más de 5 décadas y en consecuencia la economía popular viene creciendo compulsivamente desde hace más de 30 años... Entonces, ¿cuánto falta para que la ingeniería desembarque en estas unidades productivas? ¿las unidades académicas estamos pensando como formar los/as ingenieros/as que prestaran servicios en estas unidades productivas? Nuestra experiencia y la de los/as alumnos encuestados nos permite concluir que las limitaciones siguen siendo estructurales. Estamos atendiendo el problema en el eslabón final. Y esto no implica cambiar o torcer el rumbo de la formación del plan de estudio, sino más bien ampliar el espectro de trabajo del ingeniero/a. Ampliar no implica anular. Ampliar implica incluir. Ampliar el horizonte de trabajo del ingeniero/a. Ampliar para promover e incluir esas voluntades que quieren (voluntariamente o porque el mercado nos empezará a convocar) desarrollar su práctica profesional en espacios donde hoy se sienten expulsados/as. Expulsados/as porque las herramientas que adquirieron no ajustan. Expulsados/as por no haber acercado estas realidades a las formaciones. Expulsados/as por no promover aptitudes de comunicación, de manejo emocional. Expulsados/as porque simbólicamente aún (los/as ingenieros/as) rechazamos desde la formación este horizonte de trabajo.

En consecuencia, y como corolario de estas reflexiones, creemos menester abordar desde el plan de estudios estas aptitudes de intercambio y dotar de herramientas al alumnado para que permitan una buena comunicación y el entendimiento de las problemáticas sociales. Una alumna lo expresa así: *“Creo que necesita un poco más de difusión para que la gente lo conozca, y como plus se puede pensar de trabajar en las cooperativas como asesores junto al Ministerio. También pensar en prácticas profesionales, que se que no es tan fácil, pero se pueden pensar a través de voluntariados, o también dentro de las materias que se hacen trabajos prácticos, como las Organizaciones Industriales y las Industrias, tener en cuenta a las cooperativas para realizar los TPs ahí, y también materias como Informática para la Gestión de Empresas, RRHH, Higiene y Seguridad, Ambiental, Costos.”* Conocemos algunos esfuerzos individuales pero debería ser de interés y ocupación de la comisión curricular asegurar la incorporación de todos los contenidos y actividades necesarias.

En síntesis, el estudio valida la importancia de seguir adelante con el trabajo realizado hasta ahora pero buscando espacios para agregar aquellos contenidos importantes que no se dan aún en la currícula. Sabemos que la facultad de ingeniería de la Universidad de Buenos Aires acompaña mucho esta línea de pensamientos y tenemos muchas expectativas acerca de de que el nuevo plan de estudio de Ingeniería Industrial que se está desarrollando actualmente siga incorporando herramientas, contenidos, perspectivas de género y derechos tan necesarias para formarnos más integralmente para abordar estas experiencias.

8. REFERENCIAS.

- [1] Vilariño, Ramiro. (2017). Ingeniería, revisión crítica al desarrollo de la disciplina y asomo de un nuevo horizonte en la práctica y enseñanza. COINI 2019. Buenos Aires, Argentina.
- [2] Vilariño, Ramiro; López Conde, María Eugenia. (2020). Experiencias en la práctica de una ingeniería más social. COINI 2020. Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo deseamos agradecer especialmente a todos los/as alumnos/as que participaron del estudio dejando testimonios muy valiosos que nos permitieron cerrar este trabajo y continuar con la mejora educativa de Ingenieros/as en las prácticas sociales.

Las materias básicas en los proyectos finales de carrera

Ambrosini, Marcela S.; Pereyra, Diego O.; Rodriguez, M. Elvira; Trejo, Blas

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
mambrosini@frsf.utn.edu.ar; dpereyra@frsf.utn.edu.ar; mrodriguez@frsf.utn.edu.ar;
tbn@outlook.com.ar

RESUMEN

Como cierre integrador global de la carrera de ingeniería, en la formulación del Proyecto Final, los estudiantes pueden plasmar los conocimientos y habilidades que han construido durante su trayectoria; profundizando y relacionando las actividades curriculares previstas. En mayor o menor medida, la aplicación de contenidos desarrollados en materias básicas al inicio de la carrera, son utilizados ya sea de manera directa o indirecta durante la realización del proyecto.

Con la finalidad de detectar la aplicación de los diversos temas previstos en los programas del grupo de asignaturas que constituyen el Departamento de Materias Básicas en la UTN, Regional Santa Fe; y en aras de focalizar e intensificar la enseñanza y relación con los más necesarios para la especialidad; esta presentación aborda un primer avance.

En el marco de un proyecto de investigación vigente y siendo aquel uno de los aspectos considerados, este trabajo avanza sobre el tema con una estructura de tres bloques. Comenzando con opiniones y reflexiones sobre el papel que desempeñan en la formación del ingeniero la matemática, física, química, legislación y/o economía, entre otras; un segundo momento muestra un caso a modo de reflejar una de las metodologías utilizadas para detectar la aplicación de conocimientos en los proyectos. Finalmente, para reflejar la percepción de un grupo de estudiantes de ingeniería industrial que están en la etapa de formulación de sus proyectos finales, se comparten los resultados de sus opiniones.

A modo de cierre, las conclusiones reflejan el grado de avance en la temática abordada pensando en realizar propuestas en la reformulación de la oferta académica en la que la carrera se encuentra hoy.

Palabras Claves: Materias básicas – Proyecto Final de Carrera – Proceso enseñanza-aprendizaje

ABSTRACT

As a global integrative closure of the engineering career, in the formulation of the Final Project, students can capture the knowledge and skills that they have built during their career; deepening and relating the planned curricular activities. To a greater or lesser extent, the application of content developed in basic subjects at the beginning of the career, are used either directly or indirectly during the project.

With the purpose of detecting the application of diverse topics foreseen in programs of the group of subjects that constitute the Basic Subjects Department in UTN, Regional Santa Fe; and in order to focus and intensify the teaching and relationship with those most necessary for the specialty; this presentation addresses a first advance.

Within the framework of a current research project and that being one of the aspects considered, this paper advances on the topic with a three-block structure. Starting with opinions and reflections on the role that mathematics, physics, chemistry, legislation and/or economics, among others, play in engineering education; a second moment shows a case in order to reflect one of the methodologies used to detect the application of knowledge in projects. Finally, to reflect the perception of a group of industrial engineering students who are in the formulation stage of their final projects, the results of their opinions are shared.

By way of conclusion, results reflect the degree of progress in the topic addressed thinking about making proposals in the reformulation of the academic offer in which the career is today.

Keywords: Basic subjects - Career final project - Teaching-learning process

Este trabajo completo fue presentado en el XIV COINI, recibió la mención de Trabajo Destacado y se derivó su publicación en la Revista Argentina de Ingeniería – RADI [ir](#)

Adquisición de competencias profesionales en la replicación del análisis exergetico de centrales termoeléctricas provenientes de artículos científicos

Afranchi, Andrea^{1, *}; Caferra, Agustín^{1, 2}; Siliguini, Lautaro¹;
Valdiviezo, Pablo¹

¹Facultad Regional La Plata (FRLP), Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

²Facultad Regional Buenos Aires (FRBA), Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

*afranchi@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo sintetiza el análisis de las competencias profesionales adquiridas por estudiantes de los ciclos lectivos 2019 y 2020 de la cátedra Termodinámica y Máquinas Térmicas del tercer nivel de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad Regional La Plata (FRLP) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), mediante de la realización de un Trabajo Práctico Especial (TPE). El TPE consistió en que cada estudiante, de manera individual, replique el análisis exergetico sobre un equipo (ej.: turbina, intercambiador de calor, bomba), extraído de dos artículos científicos [1, 2], que analizaban centrales termoeléctricas. La cátedra presentó a los estudiantes el TPE de forma tal que se les indicaba el equipo a analizar, la fuente primaria de información en idioma inglés, el análisis a realizar y, a través de la elaboración de un informe, debían presentar el análisis técnico correspondiente y las conclusiones sobre el trabajo desarrollado. En la sección dedicada a los resultados se mencionan las relaciones entre las actividades realizadas por los estudiantes al resolver el TPE, con las competencias profesionales y respectivas capacidades que, o comenzaron a desarrollar, o lograron adquirir y reforzar. Se destaca que los estudiantes han fortalecido competencias básicas como la necesidad de comprensión lectora, en particular en idioma inglés y la producción de textos, ante la demanda de un informe. Han adquirido y profundizado competencias tecnológicas para la detección y resolución de problemas de ingeniería, basándose en una adecuada identificación del sistema de estudio (equipo) para su posterior resolución. Quedó en evidencia, por los resultados obtenidos, que un profesional de ingeniería industrial no solo debe adquirir y/o reforzar herramientas técnicas, para la resolución de un problema, sino que necesita adquirir otras competencias para su buen desenvolvimiento en la vida profesional.

Palabras Claves: Educación, Competencias profesionales, Ingeniería Industrial, Exergía, Aprendizaje Sinérgico.

ABSTRACT

This work synthesizes the analysis of the professional competencies acquired by students from the 2019 and the 2020 school years of the third level Thermodynamic and Thermal Machines course of the Industrial Engineering career of the Facultad Regional La Plata (FRLP), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), through the resolution of a Special Practical Work (TPE from Spanish). The TPE consisted of each student, individually, replicate the exergetic analysis over an individual component (e.g.: steam turbine, heater, pump), extracted from two papers [1, 2] in which thermoelectric plants were analyzed. The TPE was presented by the Professor indicating the selected component, the primary source of information, the expected analysis and, through the report, students had to presents the conclusions. In the results section the relationships between each activity carried out by the students, and the professional competences and respective capacities acquired and reinforced, are presented. It is highlighted that student have strengthened basic competences for instance the need for reading comprehension, particularly in the English language, and the generation of formal reports. Technological competences for the detection and resolution of engineering problems have been acquired and deepened, based on an adequate identification of the study system (equipment) for its subsequent resolution. It was demonstrated, by the results obtained, that a professional industrial engineering must not only acquire and / or reinforce technical tools to solve a problem, but also need to acquire other skills for their proper development in professional life.

Keywords: Education, Professional Competences, Industrial Engineering, Exergy, Synergistic Learning.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la formación en ingeniería en Argentina se encuentra atravesando un proceso de cambio profundo, en el que se incluye la definición de nuevos diseños curriculares que cumplan con las expectativas que tiene la sociedad sobre los profesionales de la ingeniería.

Desde el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) se propone la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje en las carreras que persiga tal fin, basado en un modelo centrado en los estudiantes con el propósito de que adquieran, durante su formación universitaria, distintas competencias (genéricas y específicas) que serán luego necesarias durante el desempeño laboral [1].

La transformación requerida para un propósito de tal magnitud necesita que el propio sistema universitario se repiense íntegra y articuladamente con sus objetivos [2]. Con la pandemia declarada en el año 2020, surgió una oportunidad para proyectar un enfoque pedagógico sobre la universidad que se adapte a las nuevas tendencias y desafíos que ya se venían evidenciando, como la formación a distancia [3]. En países en desarrollo como Argentina, dejó en evidencia también la necesidad de reasignar recursos tanto tecnológicos como a nivel de equipos y formación de docentes para que puedan garantizar un aprendizaje continuo, enfocado en los estudiantes.

El cambio de estrategias pedagógicas demandadas en la enseñanza universitaria sigue generando diversas opiniones, precisamente en torno a la evaluación de la adquisición de competencias de egreso. En particular, para el desarrollo de competencias técnicas vinculadas con la termodinámica dentro de una cátedra se emplean diferentes estrategias para captar el interés del alumno y fomentar su participación. Con la experiencia adquirida durante años, se ha podido confirmar que la aplicación de los conceptos teóricos en casos prácticos reales, donde podrían desarrollarse profesionalmente en un futuro, es ampliamente aceptada y demandada por los estudiantes.

Con el objetivo de captar el interés de los estudiantes, pero sobre todo con la finalidad de abordar un tema tan complejo como exergía y su aplicación en procesos industriales, desde la cátedra Termodinámica y Máquinas Térmicas del tercer nivel de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata (UTN-FRLP), se diseñó un Trabajo Práctico Especial (TPE) enfocado en el análisis exergético de plantas de generación de energía, las cuales se encuentran detalladas en artículos científicos. Como objetivos secundarios se busca también trabajar en la interpretación de textos científicos en inglés, reforzar y profundizar la resolución de problemas y elaboración de informes técnicos; objetivos que están en sintonía con los propuestos para el egresado en ingeniería.

En este trabajo primeramente se hace una descripción del TPE propuesto para los ciclos lectivos 2019 y 2020. Luego, se presentan, como hipótesis de trabajo, las competencias genéricas de egreso y las capacidades sobre las cuales la cátedra considera que el TPE incide. Para reforzar esta hipótesis se hizo un relevamiento mediante encuestas a los estudiantes de los ciclos lectivos antes mencionados. La sección destinada a los resultados incluye un análisis de la relación que tiene el desarrollo del TPE con las competencias genéricas de egreso, donde se muestran los principales resultados que la cátedra encontró; y además se incluye los resultados del relevamiento realizado, lo cual permite contar con la percepción de los estudiantes.

2. DESARROLLO

2.1. Trabajo Práctico Especial

El TPE propuesto por la cátedra consiste en que, individualmente, los estudiantes realicen el análisis exergético de un equipo industrial que integra una central termoeléctrica que ha sido previamente abordada y analizada en un artículo científico seleccionado por la cátedra. La cátedra presentó el marco conceptual relacionado con el TPE y se compartieron los *papers* respectivos en idioma original (inglés) como fuente de información primaria.

Se indicaron las actividades y objetivos del trabajo (análisis técnico a realizar y elaboración de un informe sobre la metodología empleada en la resolución del problema, análisis técnico correspondiente y las conclusiones sobre el trabajo desarrollado). Y también, se indicó a cada estudiante, de manera individual, la porción del proceso (equipo) a analizar. De esta manera cada alumno debió realizar el análisis sistémico del equipo designado y determinar la destrucción de exergía durante el proceso y el rendimiento exergético del mismo. En base al artículo científico correspondiente, los estudiantes debían detectar qué datos y parámetros les eran de interés para resolver la problemática asignada y cuáles indirectamente podrían influir en su análisis.

Para la presentación de los resultados, cada estudiante debía elaborar un informe técnico presentando los resultados a los que arribaron, siguiendo pautas mínimas que el informe debía cumplir (carátula, índice, introducción, metodología propuesta, resultados, conclusiones arribadas y bibliografía consultada).

Una vez brindada por parte de la cátedra toda la información necesaria para el abordaje del TPE y el tiempo necesario para entregar el informe (se definieron dos fechas de entrega), se dispuso

un espacio semanal de consulta con el propósito de asegurar un desarrollo gradual y acompañar a los estudiantes en su análisis.

En el ciclo lectivo 2019 se eligieron los artículos de Ahmadi & Toghraie [4] (Modelo 1) y Aljundi [5] (Modelo 2), en los cuales se realizan los análisis de energía y exergía de las plantas que se visualizan en las Figuras 1. En este primer año de experiencia con el TPE, 31 estudiantes desarrollaron la actividad propuesta por el equipo docente. La cátedra, siguiendo con el abordaje teórico visto durante el correspondiente ciclo lectivo y acorde a los contenidos sintéticos de la asignatura explicitados en la Ordenanza 1114/06 de la UTN [6], no incluyó en la asignación de procesos que incluían al sistema de generación de vapor (el cual luego fue abordado por el equipo de la cátedra para realizar el análisis global de la planta).

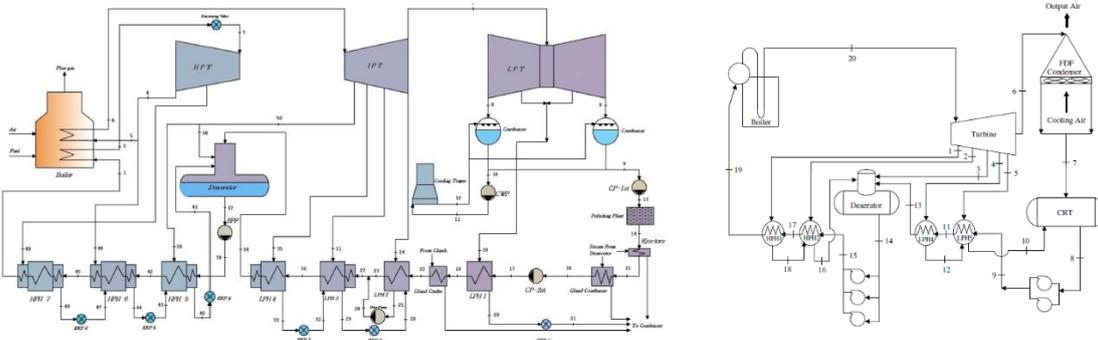


Figura 53 - Esquema de las plantas analizadas en los Modelos 1 y 2

En el TPE del año 2020 se tomó como base de análisis las plantas de los artículos de Regulagadda, Dincer, & Naterer [7] (Modelo 3) y Ameri, Ahmedi & Hamadi [8] (Modelo 4), visualizadas en las Figuras 2. En este ciclo lectivo fueron 44 estudiantes los que resolvieron el trabajo propuesto. En esta nueva oportunidad, tomando las experiencias del año previo, cambios en las reglamentaciones en la UTN-FRLP y los comentarios de los estudiantes, se realizaron modificaciones a la propuesta pedagógica a fin de mejorarla. En conjunto con el informe presentado, se solicitó la realización y entrega de un archivo en formato hoja de cálculo (ej. Microsoft Excel®), en el cual queden vinculados los cálculos realizados para llegar a los resultados deseados. Al cambiar las reglamentaciones dentro de la institución, se propuso un sistema de entregas acorde en el que se posibilitó hasta cuatro (4) oportunidades de entregar el correspondiente informe. A su vez, se incentivó el uso del programa *TermoGraph®* de la Universidad de Zaragoza (UNIZAR), para la representación del proceso y verificación de parámetros de estado que aparecían en el artículo científico.

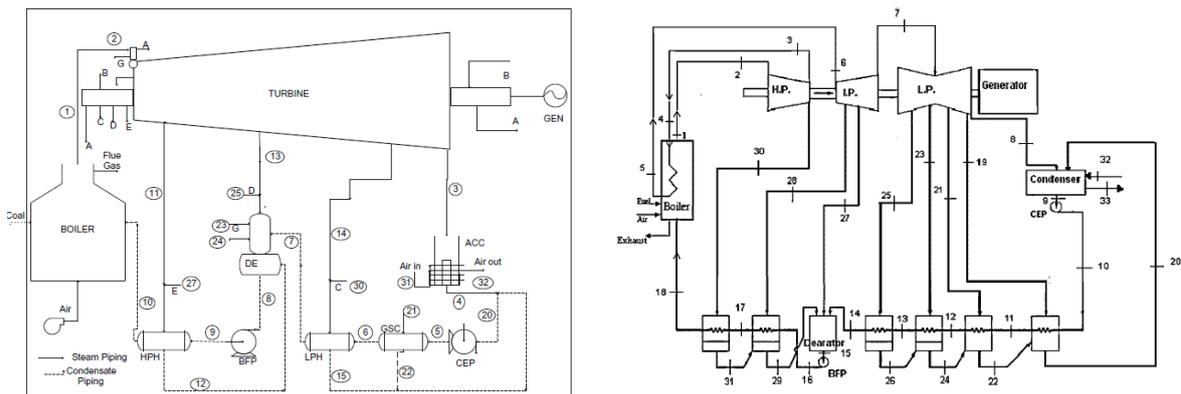


Figura 54 - Esquema de las plantas analizadas en los Modelos 3 y 4

2.2. Competencias de egreso

Con el TPE se intenta que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura sobre un caso real, pero en un entorno controlado y guiado desde la cátedra. Por ello, se incluye en esta sección un análisis para evaluar las competencias genéricas de egreso del ingeniero industrial desde un trabajo práctico especial.

Tomando como referencia el Libro Rojo del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería [1] y el libro denominado *Competencias en Ingeniería* [9] en los cuales se detallan las competencias genéricas de egreso esperadas de un ingeniero, se plantea como hipótesis de trabajo que, con el

TPE, los estudiantes desarrollan, adquieren o refuerzan las siguientes competencias genéricas de egreso que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 38 - Competencias genéricas de egreso y capacidades asociadas al TPE

Competencias de Egreso	Capacidades
(1) Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	(1.1) Capacidad para identificar y formular problemas de ingeniería. (1.2) Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada. (1.3) Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución.
(2) Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	(2.1) Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.
(3) Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	(3.1) Capacidad para utilizar creativamente las tecnologías disponibles. (3.2) Capacidad para emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.
(4) Competencia para comunicarse con efectividad	(4.1) Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio. (4.2) Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.

Si bien el TPE originalmente fue pensado para evaluar solamente el grado de conocimiento que los estudiantes adquieren sobre el análisis exergético de procesos industriales, dadas las características de esta actividad pedagógica especial, la cátedra analizó a su vez el grado de conocimiento de los estudiantes en función de las capacidades que se detallaron en la Tabla 1. Cada Capacidad relacionada a cada Competencia se desglosa a su vez en distintas implicancias (Tabla 2).

2.3. Retroalimentación

Con el fin de obtener una retroalimentación sobre el TPE y, en particular, conocer la opinión de los estudiantes acerca del aportado el mismo al desarrollo de las competencias genéricas de egreso que se describen en la Tabla 1, desde la cátedra se realizó un relevamiento entre los alumnos que realizaron el TPE en los ciclos lectivos 2019 o 2020.

En el ANEXO I se incluye el relevamiento diseñado. Destacando del mismo que se ha buscado obtener una retroalimentación para cada competencia en particular (secciones). Como técnica de relevamiento, se utilizó un cuestionario en el cual se incluyeron preguntas de opción múltiple con escala lineal, a través las cuales se buscó conocer con qué grado el TPE les exigió el uso de las distintas capacidades. También se incorporaron preguntas abiertas en las que los estudiantes debieron brindar su opinión en base a su propia experiencia, pero sin explicitar su correlación con alguna capacidad, y preguntas cerradas para lograr determinar con qué herramientas cuentan los estudiantes de tercer nivel de Ingeniería Industrial al enfrentarse con la actividad propuesta.

3. RESULTADOS

3.1 Relación del TPE con las Competencias genéricas de egreso

Como se mencionó en la sección 2.2, la cátedra analizó aspectos del TPE que pueden ser relacionados con las competencias genéricas de egreso mencionadas en la Tabla 1. Teniendo en cuenta dichas competencias y sus capacidades asociadas, se detectaron las siguientes relaciones:

(1). *Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.*

(1.1) El hecho de tener que realizar el análisis exergético de un componente perteneciente a una central termoeléctrica desafía a que los estudiantes deban identificar cuál es el problema que es necesario resolver, teniendo en cuenta que función cumple dentro de todo el sistema de generación de energía.

(1.2) La consigna brindada fue dada de forma semi abierta: se exige la realización del análisis exergético, pero sin explicitar el alcance de dicho análisis. Esta apertura en la resolución exige que los estudiantes busquen, valiéndose de sus conocimientos y experiencias, qué debe incluirse como parte de esa solución. Siguiendo el mismo razonamiento, si bien la cátedra recomienda cierta bibliografía para el seguimiento de los contenidos brindados, se incentivó a

ampliar el horizonte de información para que la resolución arribada tenga en cuenta los criterios adecuados.

Tabla 39 - Implicancias de las capacidades asociadas a las Competencias genéricas de egreso

Capacidades	Implicancias
(1.1) Capacidad para identificar y formular problemas de ingeniería.	(1.1.a.) Ser capaz de identificar una situación presente o futura como problemática. (1.1.b.) Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema. (1.1.c.) Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis. (1.1.d.) Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.
(1.2) Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada.	(1.2.a.) Ser capaz de generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado. (1.2.b.) Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular.
(1.3) Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución.	(1.3.a.) Ser capaz de realizar el diseño de la solución tecnológica, incluyendo el modelado. (1.3.b.) Ser capaz de elaborar informes, planos, especificaciones y comunicar recomendaciones.
(2.1) Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.	(2.1.a.) Ser capaz de acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas, y de comprender las especificaciones de las mismas.
(3.1) Capacidad para utilizar creativamente las tecnologías disponibles.	(3.1.a.) Ser capaz de identificar los recursos tecnológicos necesarios para resolver el problema. (3.1.b.) Ser capaz de realizar una búsqueda apropiada de información para conocer el estado del arte de la problemática considerada.
(3.2) Capacidad para emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.	(3.2.b.) Ser capaz de pensar en forma sistémica (visualizar como un sistema los elementos constitutivos de una situación o fenómeno, comprendiendo la dinámica de sus interacciones). (3.2.b.) Ser capaz de pensar en forma crítica (pensar por cuenta propia, analizando y evaluando la consistencia de las propias ideas, de lo que se lee, de lo que se escucha, de lo que se observa). (3.2.c.) Ser capaz de pensar de manera creativa (generar nuevas ideas y/o nuevas maneras de enfocar o abordar lo ya conocido).
(4.1) Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio.	(4.1.a.) Ser capaz de usar eficazmente las herramientas tecnológicas apropiadas para la comunicación
(4.2) Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.	(4.2.a.) Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita. (4.2.b.) Ser capaz de identificar el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar. (4.2.c.) Ser capaz de producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes. (4.2.d.) Ser capaz de utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural). (4.2.e.) Ser capaz de manejar las herramientas informáticas apropiadas para la elaboración de informes y presentaciones. (4.2.f.) Ser capaz de comprender textos técnicos en idioma inglés.

(1.3) La resolución del TPE exige que los estudiantes establezcan que herramientas tecnológicas utilizar, sea tanto para resolver la problemática planteada como para realizar una búsqueda de información pertinente. Desde la cátedra se incentivó el uso de distintas herramientas y se reforzó la necesidad de generar el modelo que permita resolverlo.

(1.4) La evaluación realizada sobre el TPE incluye, por parte de la cátedra, la identificación dentro del informe presentado, el grado de coherencia que mantuvieron los estudiantes entre el planteo realizado, el modelo desarrollado con sus respectivas ecuaciones, y los resultados obtenidos a partir de ello.

(1.5) La resolución del TPE exige que los estudiantes identifiquen los datos que les son útiles y discriminarlos de los que no; que analicen no solo la bibliografía propuesta, sino que tengan la libertad de ampliar la búsqueda para conocer efectivamente el estado del arte; que delimiten

concretamente el alcance del problema a resolver; y que se analicen y seleccionen las herramientas (ecuaciones, modelo, programas) adecuados.

(2). *Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.*

(2.1) Los estudiantes, al enfrentarse a la actividad propuesta, deben determinar y validar cuáles datos les resultan útiles y cuáles no. En el análisis de la relevancia de estos datos, la correcta utilización de las herramientas y conocimientos adquiridos durante las clases teóricas y prácticas resultan esenciales. De la misma manera, la capacidad para determinar qué herramientas de las brindadas tanto en el marco de la cátedra como por fuera (herramientas informáticas, comunicacionales) es algo incentivado y valorado.

(3). *Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.*

(3.1) La entrega de la resolución del TPE incluye una hoja de cálculo (MS Excel) en la cual quede establecido el modelo desarrollado para la obtención de los resultados que den solución al problema. Si bien no se plantea como requisito obligatorio, se incentiva el uso de un software de análisis termodinámico como ser *TermoGraph®*, para agilizar la implementación, visualizar claramente resultados y comunicarlos de manera clara, lo que contribuye a la generación de un pensamiento crítico a la hora de consolidar los conocimientos. El software como herramienta computacional complementaria y no como base de un desarrollo conceptual.

(3.2) La cátedra intenta que los estudiantes, durante todo el ciclo lectivo, realicen análisis de manera sistémica. En particular, en esta actividad es necesario que recurran a esta estrategia de análisis para limitar el alcance del trabajo. Es por ello que se requiere que analicen sólo un subsistema del total de la central termoeléctrica, pero sin perder de vista su funcionalidad y la sinergia que genera.

(4). *Competencia para comunicarse con efectividad.*

(4.1) La comunicación es una parte esencial de cualquier proceso en ingeniería. Tener la capacidad comunicar el resultado de un procedimiento seguido para resolver un problema en ingeniería resulta igual o más valioso que el mismo procedimiento. La cátedra estableció pautas mínimas sobre la estructura para la elaboración de un informe que responda a la demanda prevista por la actividad. Dado el alto grado de contenido técnico necesario para el análisis requerido, la selección y coherencia de la estrategia adecuada de comunicación (estructura del informe) dentro de dicho informe es evaluada.

(4.2) El TPE incluye la interpretación de un artículo científico en idioma inglés dado que del mismo se obtienen los datos y funciones críticas de los componentes de la central que deben analizar. Por otro lado, la producción del informe demandado debe seguir una estructura técnica, en el que el lenguaje formal y gráfico es un requerimiento.

3.1.1 Identificación de capacidades genéricas abordadas en el TPE

En ambos ciclos lectivos la cátedra evidenció la necesidad de reforzar la generación de informes técnicos en los cuales quede fielmente representado todo el proceso resolutorio llevado a cabo. Si bien se tiene conocimiento que, en más de una cátedra de la carrera de Ingeniería Industrial de la FRLP, los estudiantes deben realizar informes de distinta índole, sea de manera individual o grupal, las inconsistencias encontradas deben ser sistemáticamente abordadas pensando en que la elaboración de informes es parte esencial de la comunicación de trabajos.

Durante el ciclo lectivo 2020, luego de la primera entrega en la cual se encontraron estas inconsistencias, la cátedra elaboró un documento modelo con las pautas mínimas y formales que deben seguir los estudiantes para entregar el informe mencionado. En el mismo se precisó la necesidad de contar con un índice que permita la ágil navegación por el documento; de comprender la importancia del manejo de vocabulario técnico y formal (incluyendo uso de tiempos verbales); de poder diferenciar entre mostrar un resultado al que se arriba por determinada metodología y una conclusión; la necesidad de identificar claramente diagramas, ecuaciones y tablas que hayan sido generados por su interés en la visualización de lo realizado. La calidad de los informes de los estudiantes, luego de esta actividad, cumplió ampliamente con las expectativas.

En base a la experiencia del año 2019 la cátedra decide pedir que se entregue un archivo en formato de hoja de cálculo con los cálculos realizados. Se evidenció con ello la falta de uso de este tipo de herramientas en aplicaciones reales y su importancia en lograr el hábito de su uso en cátedras que no son centradas en herramientas informáticas. Se observó durante el ciclo 2020 que su uso se ve potenciado cuando se logra desarrollar un modelo que permite resolver un trabajo asociado a una situación real de forma ágil y práctica.

En ambos ciclos lectivos, la primera dificultad detectada por los estudiantes fue tener que necesariamente enfrentarse a un documento en otro idioma. La cátedra dio libertad a que cada estudiante eligiera la estrategia para superar este obstáculo. Ciertos estudiantes se concentraron sólo en encontrar, a través de figuras y tablas del artículo científico, aquellos datos que les eran útiles. Otros recurrieron a su traducción por completo al español, en algunos casos valiéndose de ayuda externa o de un traductor *on-line*. Si bien hay estudiantes que transitan la carrera de Ingeniería

Industrial habiendo aprendido inglés u otros idiomas por fuera del sistema universitario, hasta 3er año de la carrera no habían tenido oportunidad concreta de utilizar su conocimiento adquirido.

Se observó también la falta de análisis y conocimiento sobre artículos científicos en la carrera. Si bien la carrera de Ingeniería Industrial no está fuertemente asociada a la carrera de investigación, la necesidad de estar actualizados sobre los avances tecnológicos realza la necesidad de su lectura y comprensión, dado que es por este medio se divulgan mayoritariamente los avances científicos.

Respecto a los análisis realizados, la calidad de estos en ambos ciclos lectivos alcanzó los requerimientos esperados. La cátedra, durante los procesos de devolución o análisis de correcciones, solo debió reforzar conceptos necesarios para el análisis de ciertos equipos en particular (lo cual a su vez fue útil para el seguimiento de los contenidos planificados). El TPE ayudó a que se pudieran explicar las diferencias principales entre los análisis ideales dados para el entendimiento de los contenidos brindados y un caso industrial real.

3.2. Resultados de la encuesta

En la encuesta se buscó que los propios estudiantes relacionasen las competencias y capacidades genéricas de egreso que de ellos se espera como profesionales en relación con el TPE. Se elaboró un cuestionario a través del cual se pudiese detectar y obtener la opinión que los estudiantes poseen sobre el TPE y en qué grado le ha aportado al desarrollo de las competencias previamente identificadas. El cuestionario realizado no fue obligatorio, por lo que 20 y 18 estudiantes lo realizaron para los ciclos lectivos 2019 y 2020, respectivamente.

3.2.1 Competencia (1)

La Figura 3 evidencia que ambos ciclos lectivos dieron una gran valoración a las capacidades asociadas a la Competencia (1) genérica de Egreso: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Sobre 5 puntos de valoración máxima en una escala lineal sobre el requerimiento en el uso de las capacidades implicadas, en la que 5 representa el nivel completo de uso, y 1 nada; en promedio en el ciclo lectivo 2019 (2020), le otorgaron una valoración de 4.10 (4.37) a la capacidad necesaria para identificar la situación problemática de manera adecuada (1.1.a.); 4.30 (4.05) a la Identificación de datos útiles y pertinentes (1.1.b); 4.05 (4.16) a la Evaluación del contexto del problema (1.1.c.) en la que se incluye el artículo científico; y 4.05 (4.05) a la capacidad de delimitar el alcance y los límites del problema (1.1.d.).

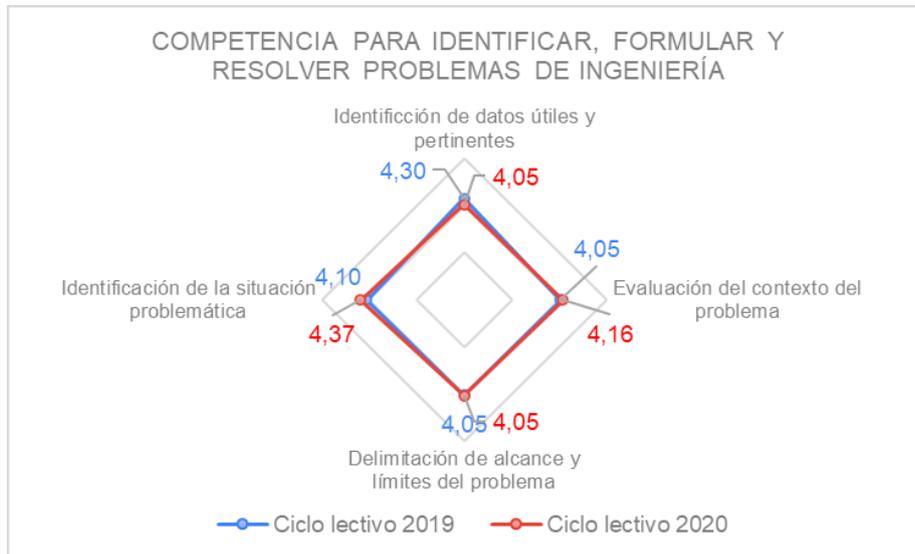


Figura 55 - Valoración del TPE que los estudiantes le otorgan al TPE en la Competencia (1)

Los estudiantes del ciclo lectivo 2019 (2020), consultados al respecto de la libertad brindada para realizar la actividad (1.2), afirmaron en un 75% (70%) tuvieron libertad para hacerlo y que no fue estructurado. En sus opiniones, afirman que tener que aplicar sus conocimientos sobre un caso real enfocado al análisis termodinámico de procesos, se ven más cerca de sus futuros profesionales y su verdadera profesión, a la vez que se ven forzados a utilizar su creatividad para determinar qué alternativa de solución brinda la mejor respuesta posible (1.3).

3.2.2 Competencia (2)

Se espera que un Ingeniero Industrial sea competente en el uso efectivo de técnicas y herramientas de aplicación en su profesión y que sean capaces de acceder a las fuentes de información en donde encuentren dichas técnicas y herramientas. Consultados al respecto, los estudiantes valoraron, en base a la misma escala antes mencionada, con 4.20 (ciclo 2019) y 4.10

(ciclo 2020) la relación entre el TPE y la orientación de que con el mismo se los incentivase a poder comprender las fuentes de información y herramientas de las cuales servirse para eficientizar la resolución del caso planteado. En particular, más del 80% en ambos cursos menciona que el uso de una hoja de cálculo le fue útil para lograr cumplir con sus objetivos.

3.2.3 Competencia (3)

Centrando en el análisis en la *Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas (3)*, se ahondó en el cuestionario en el grado de requerimiento de sus capacidades para identificar y seleccionar distintas técnicas y herramientas (softwares, modelos, bibliografía) (3.1.); y en el grado de requerimiento del uso de sus capacidades para pensar de forma crítica, sistémica y de forma creativa en el uso de innovaciones tecnológicas (3.2). Tomando la misma escala lineal los estudiantes de los ciclos lectivos 2019 y 2020 le dieron un valor medio de 3.30 y 3.26 al requerimiento en la identificación de los recursos tecnológicos para resolver la problemática planteada (3.1.a.). Enfatizando sobre este punto en particular, el 65% de los estudiantes del ciclo lectivo 2019 concluyeron en que les fue útil trabajar con MS Excel® para realizar el modelado del problema. Este valor se incrementó hasta un 80% en los estudiantes del 2020, teniendo correlación con el incentivo de la cátedra para su uso. No se consultó al respecto del uso de *TermoGraf®* dado que no fue obligatorio su uso, aunque sí incentivado. Consultados sobre la necesidad de recurrir a búsquedas de información para la definición del estado del arte del problema (3.1.b.), el valor medio de los estudiantes de ambos ciclos se acercó a 4.10 sobre 5.

La cátedra, en el desarrollo de los contenidos, enfoca sus análisis de manera similar, intentando que los estudiantes logren sistematizar los análisis y logren evidenciar la dinámica de las partes de este y con el entorno que rodea. Al respecto, el 70% y 80%, respectivamente en los estudiantes que respondieron el cuestionario de los ciclos 2019 y 2020, creen que el análisis sistémico al que se los induce tanto en Termodinámica y Máquinas Térmicas como en otras asignaturas previas le ha sido de utilidad a la hora de resolver el TPE (3.2.a.). Resultó inferior el valor al ser consultados respecto a la necesidad de pensar de forma crítica a la hora de seleccionar las distintas herramientas necesarias (55% en ambos ciclos lectivos) (3.2.b.).

3.2.3 Competencia (4)

Quizás un aporte significativo para el tercer nivel de la carrera de Ingeniería Industrial que hace el TPE sea sobre la comunicación efectiva, más allá de la comunicación oral. La Figura 4 sintetiza lo que los estudiantes sostienen al respecto. Sobre una valoración máxima de 5, afirmaron que la actividad propuesta requirió que utilicen su capacidad para realizar un informe de índole profesional, en el cual debían expresar de manera clara, concisa y precisa lo realizado (4.2.a.). Esta capacidad fue valorada con más de 4 puntos en promedio en ambos ciclos analizados. Se visualiza una diferencia significativa entre ambos cursos principalmente en la necesidad explícita de confeccionar este tipo de documentos técnicos (4.2.c.): el ciclo 2020 dio una valoración superior (4.26) al ciclo 2019 (3.45). Como se mencionó, fue durante el proceso de evaluación de este segundo período en el que desde la cátedra se generó un informe en el que se establecían las pautas de escritura a seguir. A la necesidad del uso de su capacidad para identificar el tema central y aspectos claves en la comprensión de la problemática (incluyendo el artículo científico) (4.2.b), la valoraron con 4.05 y 4.16, respectivamente; mientras que a la capacidad de utilizar y articular distintos tipos de lenguaje (4.2.d.) le asignaron en promedio 4.00 y 3.68, respectivamente. Resalta la valoración inferior otorgada por los estudiantes del ciclo 2020, cuestión que debe ser analizada con mayor profundidad. Similar diferencia se evidenció en el requerimiento del uso de la capacidad para usar eficazmente y manejar herramientas informáticas para la elaboración del informe (MS Word®) (4.1.a, 4.2.e), como herramienta comunicacional, la cual se valoró con 4.05 y 3.79, respectivamente. De manera diferencial, se consultó al respecto de la necesidad de adquirir una mayor comprensión de textos científicos en idioma inglés, al cual el 100% de los cuestionados afirmó que es una capacidad necesaria para su futuro profesional, algo en el que el TPE aporta.

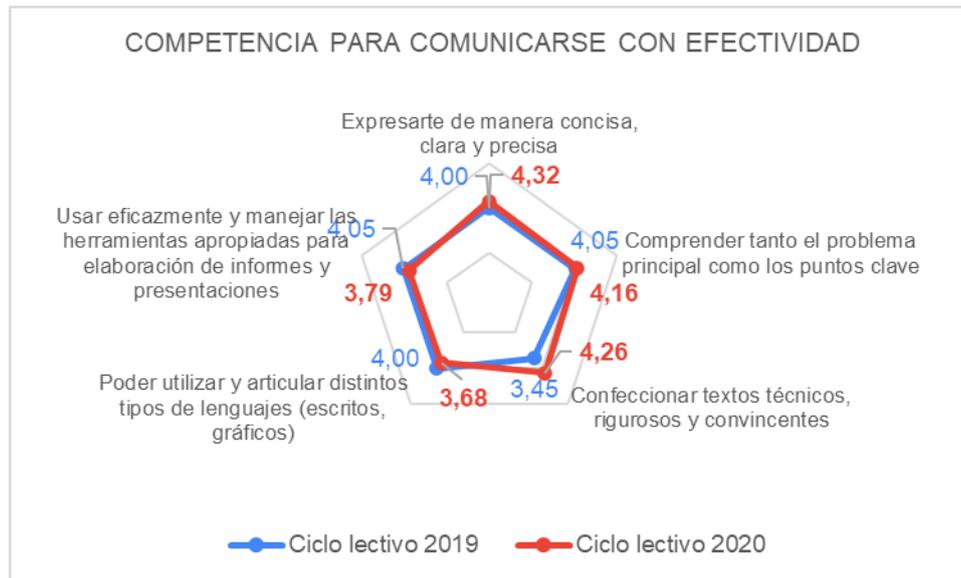


Figura 56 - Valoración del TPE que los estudiantes le otorgan al TPE en la Competencias (4)

En el aspecto que estuvieron de acuerdo el 100% de los estudiantes de ambos ciclos, es en que, para su futuro profesional, va a ser necesario que adquieren la capacidad de comprender textos en otro idioma, en particular inglés.

4. CONCLUSIÓN

En este proceso de renovación actual de los sistemas de enseñanza universitaria en el cual se evoluciona a un sistema de enseñanza que se centra en el estudiante, resulta entonces necesario para las asignaturas diseñar actividades que permitan certificar el desarrollo de las competencias de egreso que son requeridas por la profesión, en particular en ingeniería. Si bien los distintos diseños curriculares de ingeniería de la UTN actuales no contemplan aún los requerimientos de competencias de egreso (en particular, el plan actual de la carrera de Ingeniería Industrial data del año 2006), desde esta cátedra se propuso analizar si desde el TPE es posible también aportar a tal desarrollo.

Identificar competencias y capacidades transversales a desarrollar y profundizar en todo el ciclo de formación del ingeniero. En el análisis de relación de las competencias genéricas en las que puede aportar el TPE, se descubrió que existe una discontinuidad en la aplicación herramientas u otras capacidades que son necesarias en estudiantes de tercer nivel: el uso de MS Excel® como hoja de cálculo, la comprensión de textos en idioma inglés, la generación de informes en los que se documente de forma clara y precisa un desarrollo logrado.

Si bien las capacidades asociadas a la comunicación deben ser algo transversal a todas las asignaturas de la carrera, su consideración en la elaboración de actividades de cátedra resulta esencial en la formación de futuros ingenieros. Es importante dotar a los estudiantes de capacidades para estructurar y elaborar informes técnicos y comunicar con solidez la sustentación de sus conclusiones. Como estrategia pedagógica, la búsqueda de una retroalimentación constante, por un lado, afianza la relación con los estudiantes y, por otro, permite identificar oportunidades de mejora de todo el proceso de enseñanza.

Los estudiantes consideran que el TPE ha tenido cierto grado de incidencia en implicancias de la profesión que de ellos se espera que desarrollen durante su formación. La identificación y delimitación de una problemática en ingeniería, a través de la realización de una actividad de análisis de un caso con datos reales, fue resaltada por el valor que representa como preparación para su desempeño laboral. También se ha resaltado la gran incidencia que ha tenido esta actividad en la generación de desarrollos tecnológicos, a través del diseño e implementación de modelos utilizando hojas de cálculo; el uso y búsqueda de información para definir el estado del arte de la problemática. En esta retroalimentación se evidenció cómo el accionar de la cátedra, a través de la elaboración de pautas para la presentación del informe, permitió que los estudiantes del ciclo 2020 observaran con mayor claridad el uso de capacidades genéricas en la realización del TPE (con respecto a los estudiantes del ciclo anterior).

Teniendo en cuenta la retroalimentación recibida de los propios estudiantes se torna particularmente importante el desarrollo de una rúbrica a través de la cual se pueda certificar su adquisición. La cátedra se encuentra diseñando una rúbrica de evaluación del TPE que permita una valoración y calificación objetivable en base a las implicancias de las Competencias genéricas de egreso aquí desarrolladas.

4 REFERENCIAS

- [1] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI, Libro Rojo del CONFEDI. (2018). *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina*. Rosario. Universidad FASTA Ediciones.
- [2] M. A. Zabalza Beraza. (2008). "El trabajo por Competencias en la Enseñanza Universitaria", de *El nuevo perfil del profesor universitario en el EEES*. España. Servicio de Publicaciones. Universidad Europea Miguel de Cervantes, D. L.. pp. 79-113.
- [3] A. V. Peshva y T. A. Kamarova. (2020). "Online Education: Challenges and Opportunities for Developing Key Competencies of the 21st Century During COVID-19 Pandemic". *Advances in Social Science. Education and Humanities Research*. pp. 155-160.
- [4] G. R. Ahmadi y D. Toghraie. (2016). "Energy and exergy analysis of Montazeri Steam Power Plant in Iran". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Nº 56. pp. 454-463.
- [5] I. H. Aljundi. (2009). "Energy and Exergy analysis of a steam power plant in Jordan". *Applied Thermal Engineering*. Nº 29. pp. 324-328.
- [6] Consejo Superior - Universidad Tecnológica Nacional (2006). *Diseño Curricular de la Carrera Ingeniería Industrial – Ordenanza 1114/06*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- [7] M. Ameri, P. Ahmadi y A. Hamidi. (2006). "Energy, Exergy and exergoeconomic analysis of a steam power plant: A case study" *International Journal of Energy Research*. pp. 499-512.
- [8] P. Regulagadda, I. Dincer y G. Nataneer. (2010). "Exergy Analysis of a thermal power plant with measured boiler and turbine losses". *Applied Thermal Engineer*. pp. 970-976.
- [9] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (2014). *Competencias en Ingeniería*. Mar del Plata. 1a ed. Universidad de FASTA Ediciones.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los estudiantes de los ciclos lectivos 2019 y 2020 de la cátedra Termodinámica y Máquinas Térmicas de la carrera Ingeniería Industrial de la UTN-FRLP por su dedicación y compromiso para con todas las actividades propuestas. También agradecer a las autoridades de la carrera antes mencionada por gestionar la financiación que nos permite realizar esta presentación a todos los autores.

ANEXO I – CUESTIONARIO TPE - TERMODINÁMICA Y MÁQUINAS TÉRMICAS – FRLP

Sección 1 – INFORMACIÓN PERSONAL

- Nombre completo
- Correo electrónico
- Año en qué cursaste Termodinámica y Máquinas Térmicas

Sección 2 - COMPETENCIA PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA

1. De acuerdo con tu experiencia en la resolución al Trabajo Práctico Especial (TPE), especifique si has requerido utilizar tu capacidad para:
(escala lineal ponderada, siendo 1: nada y 5: completo)

Tabla 40 – Pregunta 1

	1	2	3	4	5
Identificar los datos útiles y pertinentes					
Evaluar del contexto del problema (paper científico con tu modelo y bibliografía de cátedra)					
Delimitar el alcance y límites del problema					
Identificar adecuadamente la situación problemática					

2. ¿Sentiste libertad para resolver el TPE o considerarás que fue muy estructurado? Reflexioná de acuerdo con tus impresiones ante la necesidad de dar respuesta a la problemática planteada. (pregunta abierta)
3. ¿Qué diferencias has encontrado con el resto de los trabajos prácticos guiados de la asignatura? (pregunta abierta)

Sección 3 - COMPETENCIA PARA UTILIZAR DE MANERA EFECTIVA LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN EN A INGENIERÍA

4. De acuerdo con tu experiencia en la resolución al Trabajo Práctico Especial (TPE), especificá si requeriste utilizar tu capacidad para acceder a las fuentes de información y comprender sus especificaciones.
(escala lineal ponderada, siendo 1: nada y 5: completo)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. ¿El uso de MS Excel te resultó de utilidad para resolver el TPE? (pregunta cerrada)
 - Sí
 - No

Sección 4 – COMPETENCIA PARA CONTRIBUIR A LA GENERACIÓN DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS Y/O INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

6. De acuerdo con tu experiencia en la resolución al Trabajo Práctico Especial (TPE), especificá si requeriste utilizar tu capacidad para:
(escala lineal ponderada, siendo 1: nada y 5: completo)

Tabla 41 - Pregunta 6

	1	2	3	4	5
Identificar los recursos tecnológicos (softwares) necesarios (para resolver el problema)					
Realizar de una búsqueda apropiada de información para definir el estado de arte de la problemática					

7. ¿Tuviste que buscar y analizar información extra a la brindada por la cátedra para conocer el estado completo de la problemática dada? (pregunta cerrada)
8. ¿Creés que el análisis sistémico que adquiriste (si lo hiciste) en otras asignaturas te fue útil para darte cuenta qué herramientas (ecuaciones, diagramas, softwares) necesitabas para delimitar el alcance del problema? (pregunta cerrada)

Sección 5 – COMPETENCIA PARA COMUNICARSE CON EFECTIVIDAD

9. De acuerdo con tu experiencia en la resolución al Trabajo Práctico Especial (TPE), especifica si requeriste utilizar tu capacidad para:
(escala lineal ponderada, siendo 1: nada y 5: completo)

Tabla 42 - Pregunta 9

	1	2	3	4	5
Expresarte de manera concisa, clara y precisa					
Comprender tanto el problema principal como los puntos claves					
Confeccionar textos técnicos, rigurosos y convincentes					
Poder utilizar y articular distintos tipos de lenguajes (escritos, gráficos)					
Manejar las herramientas apropiadas para elaboración de informes y presentaciones					

10. ¿Sentiste en algún momento que para este TPE eran necesarias herramientas comunicacionales que no tenías? (*pregunta cerrada*)
 11. Si respondiste sí, especificá cuáles. (*pregunta abierta*)
 Sección 6 - COMENTARIOS ADICIONALES

12. Te damos este espacio para que dejes comentarios que nos sean de utilidad para mejorar este trabajo.

Acciones de mejora en el plan de estudio de Ingeniería Industrial a partir de indicadores

Heluane, Humberto*; Alves, Nancy; Bravo, Alvaro; Molina Apud, Benjamín; Valdeón, Daniel

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán
{hheluane; nalves; abravo; bmolina; dvaldeon}@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN

En el año 1999 se crea en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán la carrera de Ingeniería Industrial. El plan de estudios fue modificado en 2004 y obtuvo en 2014 su última acreditación de CONEAU, por 6 años. A raíz de los nuevos requerimientos establecidos en la Resolución N° 1543/2021 del Ministerio de Educación de la Nación y de la necesidad de mejorar en forma permanente, se planteó la inquietud de indagar acerca de la experiencia de los graduados en su trayectoria como estudiantes de la carrera.

Para ello se diseñó una encuesta dirigida a graduados de la carrera de Ingeniería Industrial a fin de recabar información que permitiera detectar problemas, generar acciones y plantear modificaciones para un plan de estudio futuro a fin de mitigar los problemas detectados.

Una de las situaciones preocupantes señalada desde la Secretaría Académica de la facultad y que involucra a todas las carreras de ingeniería es la demora en el egreso que supera en promedio al 50% de la duración teórica. Si bien esta problemática es compleja y abarca causas diversas, el 32 % de los encuestados expresó que el retraso en la carrera se presentó en tercer año, principalmente por la realización de la práctica profesional supervisada y por el proyecto final, las cuales provocan demoras sustanciales que incluso llegan a más de 12 meses.

A partir del análisis de indicadores formulados en este trabajo, se pudieron idear estrategias, tales como incluir talleres de tutoría a diferentes niveles y modificar el cronograma de los módulos IX y X para generar una mejora en el rendimiento de los estudiantes en el uso de los tiempos y facilitar la realización de las exigencias adicionales requeridas en el plan de estudios.

Palabras Claves: encuesta, educación superior, Ingeniería Industrial, indicadores.

ABSTRACT

In 1999, the Industrial Engineering career was created at the Faculty of Exact Sciences and Technology of the National University of Tucumán. The curriculum was modified in 2004 and in 2014 it obtained its last accreditation from CONEAU, for 6 years. As a result of the new requirements established in Resolution No. 1543/2021 of the Ministry of Education of the Nation and the need to improve permanently, the concern was raised to inquire about the experience of graduates in their career as students.

For this, a survey was designed for graduates of the Industrial Engineering career in order to gather information that would allow detecting problems, generating actions and proposing modifications for a future study plan in order to mitigate the problems detected.

One of the worrisome situations pointed out by the Academic Secretary of the faculty and that involves all engineering careers is the delay in graduation that exceeds on average 50% of the theoretical duration. Although this problem is complex and encompasses various causes, 32% of those surveyed expressed that the delay in the race was presented in 3rd grade. year, mainly due to the completion of the supervised professional practice and the final project, which cause substantial delays that even reach more than 12 months.

From the analysis of indicators formulated in this work, strategies could be devised, such as including tutoring workshops at different levels and modifying the schedule of modules IX and X to generate an improvement in the performance of students in the use of the times and facilitate the completion of the additional requirements required in the study plan

Keywords: survey, higher education, Industrial Engineering, indicators

1. INTRODUCCIÓN

En el año 1999, en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FaCET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) comienza el dictado de la carrera de Ingeniería Industrial que fue aprobada mediante la Resolución 753/98 [1]. En la FaCET se dictan 20 carreras de grado, de las cuales 12 son de ingeniería, y del total de los alumnos de la facultad, el 17,11% pertenecen a la carrera Ingeniería Industrial. En la actualidad esta carrera cuenta con el mayor número de ingresantes en la facultad y con un promedio que asciende en los últimos años a 150 (alumnos/año). La carrera se encuentra acreditada por la CONEAU y el Ministerio de Educación otorgó el reconocimiento oficial y la consecuente validez nacional al título de Ingeniero Industrial de la UNT. La carrera está estructurada en 5 años de duración, con 10 módulos cuatrimestrales y cuenta con 45 actividades curriculares, 3 de las cuales son electivas y 4 son exigencias adicionales que incluyen la Práctica Profesional Supervisada y el Proyecto de Graduación.

En el año 2018, mediante la Resolución 1254/2018 del Ministerio de Educación de la Nación [2], se aprueban las nuevas actividades reservadas para las carreras de ingeniería, particularmente para Ingeniería Industrial es el Anexo XV. En la Resolución N° 1543/2021 del citado ministerio en su anexo IV [3] se establecen los nuevos estándares de acreditación para Ingeniería Industrial. A raíz de los nuevos requerimientos establecidos y de la necesidad de mejorar en forma permanente, se planteó la inquietud de indagar acerca de la experiencia de los graduados en su trayectoria como estudiantes de la carrera.

Para realizar una caracterización y/o diagnóstico de una población, la encuesta es un instrumento muy valioso para la recolección de datos [4,5]. Como instrumento de investigación, la encuesta utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados, lo que permite recolectar y analizar datos de una muestra representativa de la población [6]. La sociedad del conocimiento permite que, gracias al acceso y uso de la tecnología, sea posible estudiar una población que está ampliamente diseminada, como son los graduados de una carrera. Las encuestas realizadas de manera online tienen una serie de ventajas, tales como: rapidez en la recolección de datos, bajos costos de implementación y utilización de medios audiovisuales en la encuesta [7].

El objetivo de esta investigación es obtener información de nuestros graduados sobre diferentes aspectos, por ejemplo, percepción de la formación recibida, actividad profesional, etc. a fin de elaborar indicadores que permitan tomar decisiones sobre un nuevo plan de estudio.

2. METODOLOGÍA

Se planteó un estudio descriptivo mediante una encuesta online diseñada para indagar sobre la percepción de los egresados de Ingeniería Industrial de la FaCET-UNT acerca de la formación brindada en la carrera, sobre fortalezas y debilidades percibidas del plan de estudios y sobre aspectos relacionados con el desempeño como estudiante y en el ámbito laboral.

El universo al que fue dirigida la encuesta estuvo compuesto de 299 individuos que incluyó desde la primera promoción hasta egresados del año 2020. Del total de encuestados se obtuvieron 101 respuestas, que representan el 33,8%.

La encuesta fue diseñada con 27 preguntas ordenadas en tres bloques: información personal, trayectoria académica y trayectoria y ubicación en el mercado laboral. Las preguntas se caracterizaron por ser del siguiente tipo: 10 abiertas (dos de ellas de opinión), 9 de opción múltiple y 8 de escala de Likert siendo una de ellas una pregunta matriz, que es aquella cuyo enunciado comparte opciones de respuesta.

La encuesta fue validada por un grupo de docentes de la carrera que permitió el ajuste de las preguntas de modo que fuera comprensible, ya que al ser de modalidad online no existe encuestador que pudiera aclarar dudas respecto a las preguntas. La encuesta estuvo activa durante 4 semanas.

El presente trabajo se desarrolló en las siguientes etapas.

1) Realización de reuniones de trabajo de la Comisión Académica donde se discutieron problemáticas de la carrera relacionadas con el desempeño de los alumnos y se elaboraron hipótesis sobre distintos problemas detectados en la carrera.

2) Elaboración y discusión acerca de las preguntas relacionadas con los problemas detectados en dichas reuniones.

3) Diseño de un cuestionario que incluyó las temáticas discutidas y acordadas en las reuniones anteriormente mencionadas.

4) Puesta en común del cuestionario con los docentes de la carrera para verificar y realizar el ajuste de las preguntas a partir de otras miradas.

5) Relevamiento de los egresados de la carrera de Ingeniería Industrial a partir de la información registrada en el sistema de datos de la facultad.

6) Envío de la encuesta mediante un formulario electrónico.

7) Análisis estadístico de los datos obtenidos de las respuestas de los egresados y diseño de indicadores a efectos de elaborar conclusiones y plantear propuestas y estrategias en vistas de modificar el plan de estudio.

3. RESULTADOS

Actualmente en la Argentina se está planteando un cambio de las carreras de ingeniería en general, donde se establecieron nuevas actividades reservadas y nuevos estándares de acreditación. Para abordar este nuevo cambio del plan de estudio, se plantea incluir el seguimiento de los egresados como referentes de la calidad del profesional que la facultad está brindando al medio. En primera instancia se aborda la inserción del graduado en el mundo laboral y la compatibilidad del trabajo con la formación recibida. En segunda instancia se plantea cuál es el nivel de satisfacción respecto a la formación en dos de las grandes áreas de la Ingeniería industrial que son la gestión y los procesos, y finalmente se abordan puntos de demora en la carrera.

3.1. Indicador: Demora por año curricular.

Analizando los datos institucionales y corroborando con las respuestas obtenidas de la encuesta, se desprende que el 98% de los encuestados egresa en más de 5 años (duración teórica de la carrera). Con el objetivo de encontrar si el retraso está relacionado con algún año curricular se incluyó entre las preguntas realizadas cuál fue el motivo. A partir de los datos obtenidos se elaboró este indicador del cual se observa que: es en el 3º año en el cual se produce el mayor número de demoras (32%) y el 4º año el de menor (10%), como se muestra en la Figura 1.

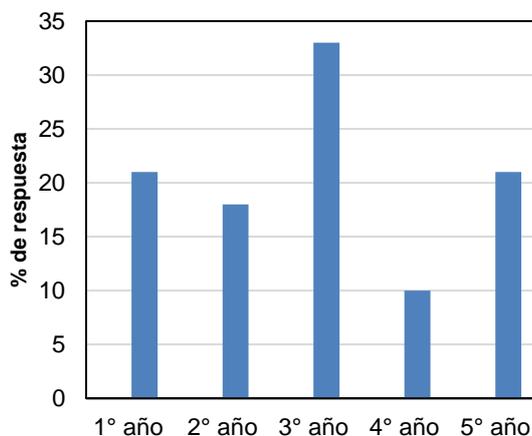


Figura 1 Distribución de las demoras en función del año curricular.

Analizando la currícula de la carrera, se observa que en el 3º año se ubican asignaturas de relativa dificultad para la mayoría de los alumnos ya sea por contenidos o por el modo de cursado implementado por las correspondientes cátedras. Esto va en concordancia con la percepción del claustro respecto a la dificultad en ese año de la carrera. Con los resultados obtenidos, se cuenta con una herramienta más, para el momento del diseño curricular del nuevo plan, con la visión de balancear y distribuir de manera más equilibrada las asignaturas.

3.2. Indicador: Inserción laboral pregraduado.

Este indicador tiene como objetivo recabar información sobre los alumnos que cursaron la carrera y simultáneamente trabajaron.

Del análisis de datos obtenidos a través de la encuesta, se observa que el 92% de los egresados trabajó durante el cursado de la carrera y de los cuales el 44% comenzó a trabajar una vez finalizado el cursado de las asignaturas, mientras que el 56% comenzó a trabajar mientras cursaba asignaturas. Este hecho muestra que es un probable motivo de demora en finalizar la carrera. Así mismo, existe una demanda laboral en el medio y por otro lado la necesidad de los estudiantes de tener un ingreso económico. Se supone que la carrera está diseñada para que el estudiante se dedique en forma exclusiva a la misma, sin embargo, a partir de los resultados se aprecia que los estudiantes tienen una necesidad diferente por lo que es necesario tenerlo en cuenta en el nuevo diseño curricular. Una de las acciones que se propone es que las asignaturas de los dos últimos años se ubiquen en una única franja horaria (mañana o tarde), de manera que los alumnos tengan la posibilidad de cursar la carrera mientras realizan otras actividades, tal como el trabajo.

3.3 Indicador: Retraso en el egreso debido a PPS y PG.

Los egresados manifestaron la dificultad con la realización de las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) y con el Proyecto de Graduación (PG). Por lo que se planteó evaluar esta demora mediante dos indicadores con el objetivo de establecer la posible influencia en la dilación en el egreso por las exigencias adicionales: prácticas profesionales supervisadas y proyecto de graduación.

3.3.1 Indicador Retraso debido a PPS.

Este índice muestra que el 59% de los alumnos realizan su PPS una vez finalizado el cursado o el aprobado de sus materias, lo que genera necesariamente una demora en el tiempo de graduación (Figura 2 A). Este hecho indica que sería conveniente una acción directa sobre el estudiantado, mediante una tutoría por ejemplo, para sensibilizar sobre la ventaja de realizar la práctica contemporáneamente al cursado de las asignaturas, preferentemente en los módulos IX y X, para lo cual se requeriría organizar los horarios de las clases de modo que se libere la franja horaria de las mañanas o de las tardes para destinarlas a esta actividad. También se debería concientizar a los estudiantes que el período de vacaciones es un momento adecuado para realizar la misma.

3.3.2 Indicador Retraso debido a PG.

Analizando el desempeño en la realización del PG se ve que el 28% comienza a realizarlo una vez completado el cursado pero la gran mayoría (71%) recién lo hace una vez aprobada todas las asignaturas de la carrera (Figura 2 B) con una demora media en la ejecución de entre 4 y 12 meses. Este comportamiento tiene como efecto generar demoras en el tiempo de egreso y que se agudiza en aquellos casos en que se espera a tener aprobadas todas las asignaturas para cumplimentar con ambas exigencias.

Al igual que con las PPS, deberían realizarse talleres de sensibilización para mostrar a los alumnos la conveniencia de iniciar el PG lo antes posible.

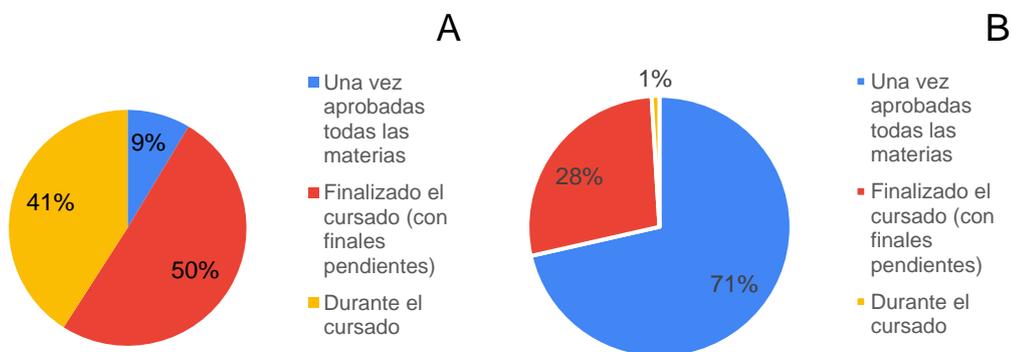


Figura 2 Distribución de las respuestas en cuanto al momento en el cual realizaron: A) la PPS, B) el PG.

3.4 Indicador: Tiempo de elaboración de PG.

Con este índice se desea evaluar el desempeño de los estudiantes cuando se trata de la elaboración del proyecto de graduación como actividad final de carrera.

En la Figura 3 se representa, en un diagrama de barras, la muestra segmentada de acuerdo al tiempo invertido en la ejecución del PG. El promedio de duración del PG es 9,4 meses. El 44% de los de los egresados resolvió el PG en 6 meses mientras que el 56 % demora más de 6 meses. A su vez, los encuestados manifestaron, como se dijo anteriormente, que el 71% empezó el PG después de aprobar todas las materias, y más del 91 % trabajó durante la realización del mismo. Muy probablemente este último hecho sea un motivo también que genere demoras en egresar y sobre el cual desde la carrera es difícil accionar ya que es una decisión ajena a circunstancias académicas. Si bien la carga horaria para el PG son 300 horas, (suponiendo 4 horas diarias serian aproximadamente 4 meses), la demora es muy superior y se revela del análisis de los datos que es multicausal y no se debe exclusivamente al tiempo dedicado a elaborar el proyecto.

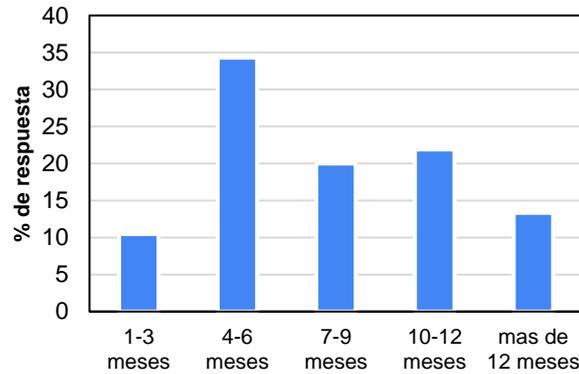


Figura 3 Tiempo de elaboración de PG.

Detectado estos hechos, desde la comisión académica se propone organizar reuniones de tutoría con los alumnos del módulo VII para informar sobre diferentes aspectos de las exigencias mencionadas y sobre la conveniencia de realizar estas actividades preferentemente con simultaneidad al cursado de las asignaturas.

3.5. Indicador: Inserción laboral posgraduado.

Con este indicador se pretende recabar información sobre si la formación del ingeniero industrial de la FaCET cumple las expectativas de la demanda laboral.

Un dato relevante que se desprende de este estudio con respecto al campo laboral es que el 93,3% de los encuestados trabaja ya sea como autónomo o en relación de dependencia en empresas privadas o públicas y la mayoría de ellos se encuentran trabajando en tópicos de la ingeniería industrial. En cuanto a la distribución geográfica, 75,2 % se desempeña en Tucumán y el 17,1% en el resto de Argentina, lo que muestra la gran demanda de ingenieros industriales en el país y que los egresados de la FaCET no necesitan alejarse de su lugar de residencia para encontrar oportunidades laborales. El resto de los egresados trabaja en otros países.

El 66% de los encuestados manifestó haber encontrado una alta coincidencia entre la formación académica recibida con las actividades desarrolladas durante su primer trabajo lo que implica que la formación otorgada por la carrera satisface a la demanda laboral en la mayoría de los casos. Solamente un 5% manifestó que no tenía la formación académica requerida por el puesto obtenido. En cuanto al trabajo actual, el 75% considera que la formación académica recibida en la carrera resultó adecuada para su desempeño en las tareas profesionales.

3.6. Indicador: Satisfacción de la formación recibida.

Este indicador tiene como objetivo indagar sobre la formación que recibieron los egresados y sobre las temáticas no incluidas en el plan actual y que deberían abordarse en el nuevo.

El plan de estudio tiene dos ejes básicos de formación en tecnologías: Gestión y Procesos. Los encuestados perciben que la formación recibida pone énfasis en el área de Procesos y observan un déficit en el área de Gestión (Figura 4). El 80% de los encuestados considera que la formación fue buena o muy buena en el área procesos mientras que el 47% consideró que la formación recibida en el área gestión fue buena o muy buena. Además, se resaltó la conveniencia de reforzar los contenidos en temáticas de logística y comercialización que consideran necesarias para el desarrollo de sus actividades laborales.

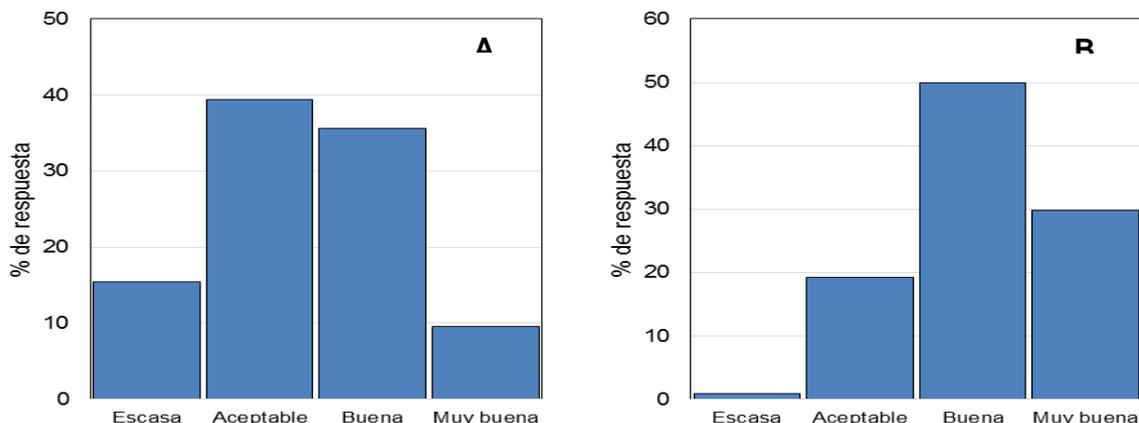


Figura 4 Percepción de la formación recibida en las áreas: A) gestión y, B) procesos.

3.6.1. Percepción de la formación en las competencias genéricas actitudinales y sociales.

La percepción de los graduados sobre la formación recibida en las competencias genéricas actitudinales y sociales se pudo conocer a partir de la pregunta “Indica el nivel de capacitación que consideras has recibido durante el desarrollo de tus estudios”.

A partir de las respuestas recibidas, en la Figura 5 se presentan los resultados respecto de 5 competencias especificadas en la Resolución Ministerial N° 1543/2021 [3]. Se observa que respecto a los puntos; actuar con espíritu emprendedor y comunicarse con efectividad, el 60 % de los egresados manifestó un déficit. Mientras que el 80 % se percibió conforme respecto a las competencias de: capacidad de aprender en forma continua y autónoma. Por último, respecto al ítem “desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo” también un 60 % lo calificó como positivamente.

Se puede concluir, que en general los egresados hacen una buena evaluación de la formación recibida en desempeño eficaz en equipos de trabajo, en actuar con ética, responsabilidad y compromiso social, y aprender en forma autónoma y continua. Por el contrario, se encuentra menos favorable la formación en habilidades como comunicarse con efectividad y actuar con espíritu emprendedor, temas que deberían consolidarse en el nuevo plan de estudio.

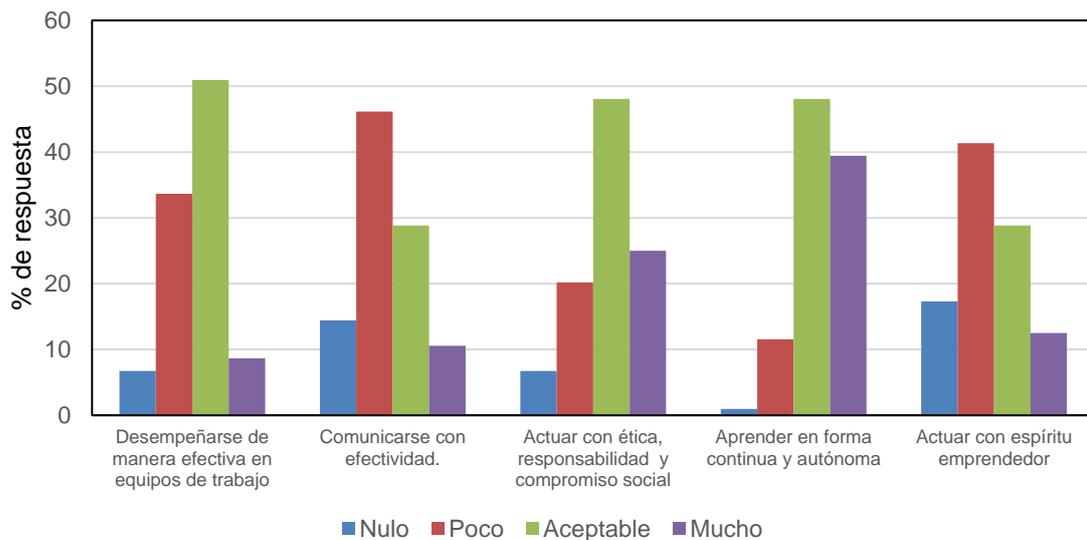


Figura 5 Percepción de los egresados respecto de competencias actitudinales y sociales.

4. CONCLUSIONES.

Para este trabajo se elaboró y se realizó una encuesta dirigida a graduados a fin de recabar información que permitiera identificar oportunidades de mejora del plan de estudio vigente. Este instrumento resultó adecuado para tomar conocimiento de aspectos relacionados con el desempeño de los egresados en el cursado de la carrera como así también desde su ámbito laboral. Las respuestas permitieron proponer indicadores que ayudaron a identificar algunos problemas puntuales en el desarrollo de la carrera que generan demoras en el egreso y a presentar propuestas para subsanar estos aspectos.

Se detectaron probables causas de demora en el egreso siendo posible en algunos casos generar acciones desde la carrera tendiente a morigerar este efecto tales como tutorías de orientación y la reorganización de los horarios en los últimos módulos de la carrera. En cuanto al aspecto laboral, la mayoría de los graduados trabaja en temáticas de la ingeniería industrial y la gran mayoría lo hace en Tucumán, lo que muestra la existencia de un mercado potencial interesante para nuestros egresados que no necesitan desplazarse de la provincia para insertarse en el mercado profesional.

Los datos recabados indicaron la conveniencia de agregar contenidos en ciertos tópicos de gestión que gran parte de los graduados consideran necesarios para su desempeño laboral. La encuesta permitió evaluar así mismo la percepción de los egresados en cuanto a la formación en áreas de las ciencias blandas y se desprende de este estudio que habría que mejorar la capacitación brindada en comunicación y emprendedorismo.

A partir de este trabajo podemos reforzar la idea que la participación de nuestros egresados es sumamente importante para la actualización y mejora continua de la carrera.

4. REFERENCIAS.

- [1] Resolución 753/98. Universidad Nacional de Tucumán. Creación de la carrera de Ingeniería Industrial. Tucumán (Argentina)

- [2] Resolución 1254/2018 (2018). Ministerio de educación de la nación. Anexo XV – actividades reservadas al título de Ingeniero Industrial. Buenos Aires (Argentina).
- [3] Resolución 1543/2021 (2021). Ministerio de educación de la nación. Anexo VI – estándares de acreditación de Ingeniero Industrial. Buenos Aires (Argentina).
- [4] Falcón, V. L., Pertile, V. C., & Ponce, B. E. (2019). La encuesta como instrumento de recolección de datos sociales: Resultados diagnóstico para la intervención en el Barrio Paloma de la Paz (La Olla)-ciudad de Corrientes (2017-2018). In XXI Jornadas de Geografía de la UNLP 9 al 11 de octubre de 2019 Ensenada, Argentina. Construyendo una Geografía Crítica y Transformadora: En defensa de la Ciencia y la Universidad Pública. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Geografía.
- [5] Sierra Bravo, R. (1998). Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios. 822 2 CIC-UCAB/0191 20080723 MTiffany.
- [6] García Ferrando, M., Ibáñez J., Alvira F. (1986). El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de Investigación. Alianza Editorial. Universidad Textos. Madrid, España.
- [7] de Rada, V. D. (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet. Papers: revista de sociología, 193-223.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Ing. Nora Perotti por su valioso aporte a la carrera y a este trabajo y a los graduados de Ingeniería Industrial de la FaCET-UNT por su participación y valiosa colaboración al responder el cuestionario incluido en la encuesta.

Estudio del proceso de aprendizaje de la elaboración de una estrategia

Tacla, Michelle Nicole; Ortiz Plá, Marcelo; Nogueira, Ariel Gustavo.

Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.
michelle.tacla@gmail.com; mortizpla@frba.utn.edu.ar; arielnogueira@frba.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad conocer las virtudes y puntos de mejora en el proceso de aprendizaje de la elaboración una estrategia de resolución de ejercicios, desde el marco teórico cognitivista. Para ello, se tomó como caso de estudio la experiencia brindada por la materia Informática I de primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires, durante el año 2021. A tales fines, se realizaron siete entrevistas estructuradas a estudiantes que están actualmente cursando la materia y otros que ya la aprobaron. Se entiende que el trabajo es relevante para el estudio de la disciplina de ingeniería industrial porque la elaboración de una estrategia es esencial para el desempeño de las competencias genéricas tecnológicas de un ingeniero, así como su importancia para la planificación y gestión impacta en las competencias específicas de un ingeniero industrial, de acuerdo con la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo del Confedi”. Como principal hallazgo, se encontró que un obstáculo en el aprendizaje se encuentra en que los estudiantes no consideran relevante el desarrollo de la estrategia como constructo previo a la programación, porque se descubre su utilidad luego de mucha práctica.

Palabras Claves: estrategia, competencias, cognitivismo, aprendizaje, ingeniería

ABSTRACT

This paper intends to explore the virtues and points for improvement in the learning process of problem solving strategy elaboration from the cognitive theoretical framework. To this effect a case study was taken from a computer course of first year of industrial engineer career in the UTN.BA University on 2021. For those purposes a structured questionnaire was conducted throughout conference calls to seven students which are currently studying or have already passed the course. This research is relevant for industrial engineering's discipline since strategy development is fundamental to the engineer technological generic competences, as well its relevance for planning and management impacts on specific industrial engineer competences defined by the new Standard Proposal of the CONFEDI. One of the main findings is that an obstacle for learning is that students need a solid strategy elaboration method and also incremental as ongoing practice since the beginning of the course.

Keywords: strategy, professional competence, cognitivism, learning, engineering

1. INTRODUCCIÓN

La relevancia del dominio en el desarrollo de estrategias en el campo de la ingeniería industrial se encuentra en que la elaboración de una estrategia es la comprensión cabal de un problema o situación, la identificación de los objetivos, la definición de recursos y de un plan de acción para lograr dichos objetivos. Elaborar un estrategia -así como previamente definir un objetivo- aplica a todas las competencias del perfil del ingeniero industrial definido por la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo del Confedi [1]. Dichas competencias contienen los verbos gestionar, proyectar, controlar, dirigir, diseñar, evaluar, planificar, calcular, certificar, formular, mantener, optimizar, modelar y especificar.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación tiene por objetivo estudiar el proceso de aprendizaje de la planificación y redacción de una estrategia de resolución de ejercicios en el marco de la materia Informática 1, dictada en el primer año de la carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Indagamos en el proceso de aprendizaje, a los fines de dar a conocer las virtudes y puntos de mejora, para proponer y aportar para otras propuestas, mejoras en las estrategias de enseñanza, con el propósito de favorecer el proceso de aprendizaje y desarrollo de una de las esencias de las competencias específicas de un ingeniero industrial.

2. PERSPECTIVA TEÓRICA Y CONCEPTOS

La presente investigación se enmarca en la corriente cognitivista de la psicología de la educación del psicólogo Jerome Bruner. La corriente cognitivista en sí misma es aquella que se interesa en los procesos internos que realizan las personas para procesar tanto la información que se recibe del medio, como la que se produce, e incluso cómo se aprende. En particular Jerome Bruner tuvo una primera etapa en la que sostenía que la cognición era un modelo mental, y luego adhiriendo a las ideas de Vigotsky, comenzó a defender la postura de ser una construcción sociocultural. Finalmente consideró ambas posturas válidas y complementarias [2].

Se seleccionaron los conceptos de estructura, disposición a aprender, intuición, motivación, andamiaje, psicología del tema y herramientas amplificadoras. Y para analizar los aspectos de escritura, se siguen los postulados de Paula Carlino, especialmente el concepto de alfabetización académica, que es el “conjunto de nociones y estrategias necesarias para participar en la cultura discursiva de las disciplinas, así como en las actividades de producción y análisis de textos requeridas para aprender en la universidad. Apunta, de esta manera, a las prácticas de lenguaje y pensamiento propias del ámbito académico superior. [3] (pág. 6).

A continuación, se explicarán brevemente los conceptos trabajados de Jerome Bruner.

Toda ciencia contiene ideas fundamentales, que son generales y pueden servir de base para reconocer posteriormente casos especiales de esta ciencia o materia. “Aprender estructura, en resumen, es aprender cómo están relacionadas las cosas” [4] (pág. 11). En el mismo orden, relacionar lo nuevo con conocimientos anteriores facilita el aprendizaje y aumenta las posibilidades de recordar los conceptos. De hecho, según el autor, “hay una implosión de conocimiento lo mismo que hay una explosión. A medida que aumentan las observaciones, también se incrementan las vías de integración e interconexión entre teorías convergentes” [5] (pág. 6). Por ello, preguntar sobre estas ideas fundamentales del tema, no es en este caso una intención de evaluar conocimientos teóricos, sino indagar si se ha aprehendido la estructura del concepto cuyo proceso de aprendizaje estudia la presente investigación.

Luego, mediante el aprendizaje de la estructura, se podrá a posteriori reconocer la aplicabilidad o no de una idea a una nueva situación. “Cuanto más fundamental o básica sea la idea que ha aprendido, casi por definición, tanto mayor será su alcance de aplicabilidad a nuevos problemas” [6] (pág. 28). En cuanto a la forma de arribar a conclusiones o nuevo conocimiento, lo ideal sería ayudar a las personas a que descubran cosas por sí mismas. Especialmente durante el proceso de fomentar a pensar por sí mismo, “hay que convencer a los estudiantes que en sus mentes hay modelos implícitos, que son útiles” [7] (pág. 85).

En relación con ello, es relevante el concepto de memoria, que consiste en que se recordará mejor a largo plazo aquel conocimiento que tenga un sentido dentro de un patrón estructural. Por ejemplo, se recuerda mejor la fórmula para calcular la distancia recorrida por un cuerpo en caída libre que todas las distancias particulares, según las distintas gravedades que se pueden hallar. “Una buena teoría es el vehículo no sólo para entender un fenómeno, sino también para recordarlo mañana” [8] (pág.39).

Otro de los conceptos que merece abordaje es el de heurística, ésta es definida por la RAE en una de sus acepciones de la siguiente manera: “En algunas ciencias, manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etc.” [9]. Interesa entonces, saber si los estudiantes han desarrollado su propia técnica o adoptado alguna que se haya propuesto.

Jerome Bruner considera que los fundamentos de cualquier materia pueden enseñarse a cualquier persona a cualquier edad, en alguna forma [10]. Esto implica, por un lado, diseñar un currículum en espiral para ir insistiendo en las mismas ideas, y a la vez acrecentando los conocimientos; y por el otro, diseñar un andamiaje para adaptar la presentación o explicación del tema a la forma adecuada. Esta pertinencia se encuentra avalada desde el punto de vista del currículum aprobado por la CONEAU, así como el hecho fáctico de los estudiantes que todos los años aprueban la materia en su primera cursada. Sin embargo, para reforzar el concepto del autor con el testimonio del propio estudiante, y a la vez recabar información que podría resultar útil en futuras investigaciones, resultará interesante preguntarles a los estudiantes si perciben pertinente este tema para el primer año de la carrera.

Asimismo, se explicará el concepto de andamiaje mediante una metáfora:

“Cuando un adulto interactúa con un niño o niña con la intención de enseñarle algo tiende a adecuar el grado de ayuda al nivel de competencia que percibe de él o ella. A menor competencia, mayor será la ayuda que le proporcionará el adulto. Por ejemplo, cuando un instructor de autoescuela percibe que su alumno no sabe conducir aumenta las ayudas (verbales, incluso físicas) que ejercen de andamio. Este andamio permite que el aprendiz vaya aprendiendo a usar el instrumento correctamente (el coche). A medida que la persona va siendo más competente el monitor o enseñante retira su ayuda y concede más responsabilidad y control de la tarea al aprendiz, para que pueda, finalmente, realizar la actividad o tarea autónomamente. El resultado final es que el andamio (las ayudas del instructor), al ser innecesario, se retira” [11] (pág. 6).

En la misma línea, el concepto de intuición en este marco encierra la hipótesis de que es más fácil aprender sintiéndose en el rol de la ciencia que se aprende, que en una posición a medias. Por ejemplo, en el caso de la materia Informática I, sería más fácil aprender sintiéndose un programador o un ingeniero industrial, que únicamente un estudiante en situación de aprender a programar. Esta percepción puede conducir al desarrollo de un pensamiento intuitivo, que es la capacidad de elaborar hipótesis que luego se contrastarán con métodos usuales de prueba. Y dicho pensamiento intuitivo requiere del desarrollo de la confianza en sí mismo para correr el riesgo de elaborar una hipótesis que luego corroborará si era correcta o no.

Explorando los motivos para aprender, dice el autor “deben basarse lo más posible en despertar interés en lo que haya que aprenderse, y mantenerse amplios y diversos en su expresión” [12] (pág 125).

El siguiente concepto es la psicología de un tema, que es la manera de pensar de una disciplina respecto a ciertos fenómenos [13]. Incluye sus modos de pensar, sus supuestos, etc.

Por último, existen distintos tipos de sistemas amplificadores, los de acción, como un martillo o una rueda; los de los sentidos, como los microscopios; y los de los procesos del pensamiento como la lógica. A estos se los asocia a la idea de herramienta cultural.

Dado que el estudio se está realizando sobre el desarrollo de estrategias en la materia Informática I de la carrera ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires, cerraremos este apartado recuperando el concepto de estrategia.

Una estrategia se define como una serie de acciones muy meditadas, encaminadas hacia un fin determinado [14]. Es decir que requiere planificación, y planificar es elaborar o establecer el plan conforme al que se ha de desarrollar algo, especialmente una actividad; así como gestionar es hacer las gestiones necesarias para conseguir o resolver una cosa, lo cual necesita previamente definir objetivos y elaborar una estrategia o plan. Todas las competencias específicas involucran alguno de estos componentes [15]. En adición, en el mismo libro se especifica como competencia genérica de la ingeniería la “comunicación eficaz”, que será relacionada con redacción escrita de la estrategia.

Para elaborar una estrategia de resolución de un ejercicio de programación por escrito se requieren conocimientos de programación, por un lado, y conocimientos del tipo de redacción que conviene al contexto de la materia. Son requerimientos subyacentes las habilidades de redacción, de análisis y sobre todo de síntesis.

3. METODOLOGÍA

Informática I tiene por principal objetivo enseñar un método para resolver problemas mediante desarrollos algorítmicos, que pueden ser programables en un lenguaje de computadora estructurado y funcionar como programas ejecutables.

Dentro de la cátedra, algunos docentes piden la elaboración escrita de la estrategia de resolución antes que el diagrama de resolución -que es una representación gráfica o esquemática del algoritmo de resolución-, y otros piden que se responda -también por escrito- a cinco preguntas (comprender el problema, analizar los datos que se tienen, elaborar una estrategia de resolución, aplicarla y verificar el resultado), que también constituyen la elaboración de una estrategia.

Para la presente investigación, se realizaron siete entrevistas con un cuestionario estructurado. De los estudiantes entrevistados, tres se encuentran cursando la materia por primera vez, uno se encuentra cursando la materia por segunda vez, y tres estudiantes ya aprobaron la materia. Esta amplitud en la muestra permite considerar un amplio espectro de situaciones y apreciaciones sobre la materia. Las entrevistas se realizaron a través de videoconferencias a siete estudiantes –de identidad anónima- utilizando como instrumento un cuestionario de veinte preguntas que se corresponden con los conceptos enumerados anteriormente. A continuación, se exhibe el cuestionario:

Concepto	Pregunta
Estructura: ideas	¿Cuál es la idea fundamental de una estrategia? ¿Qué es una estrategia?
Estructura: aplicación	¿En qué se puede aplicar una estrategia en la vida en general?
Estructura: Descubrimiento	¿Sentís que descubriste algo con el trabajo de la estrategia?
Estructura: Relación con conocimiento anterior	¿Se relaciona con algo que ya sabías?
Estructura: Memoria	¿Qué pensás que vas a recordar de todo lo que viste con el tema estrategia?
Estructura: Heurística	¿Cómo describirías el método para elaborar una estrategia?
Disposición	¿Considerás que el tema es apropiado para el primer año de ingeniería industrial?
Andamiaje	¿Considerás que la enseñanza de la estrategia se dio apropiadamente para el primer año de la carrera o resultó muy complicado? (¿Te hubiera gustado tener explicaciones del tema con dramatizaciones o con explicaciones a través de imágenes o esquemas?)
Intuición: Desarrollo de pensamiento intuitivo	¿Sentís que desarrollaste una cierta intuición sobre cuándo una estrategia es correcta o incorrecta, o cuándo le falta algo?
Intuición: Desarrollo de confianza	¿Te sentís con más confianza ahora para desarrollar una estrategia?
Intuición: rol	¿Te sentiste un programador en acción o simplemente estabas programando?
Motivación: Interés	¿Te pareció interesante aprender a desarrollar una estrategia? ¿Cuáles fueron tus motivaciones principales para aprender el tema?
Psicología del tema	¿Cómo dirías que se piensa en programación?
Herramientas	¿Dirías que la computadora te da la posibilidad de hacer más cosas? ¿Cuáles? ¿Por qué?
Alfabetización Académica: Definición	¿Te pareció que aprendiste una nueva forma de redactar, escribir, expresarte u organizar ideas? ¿Considerás que se valora más el texto conciso o el texto extendido?
Alfabetización Académica: Enseñanza	¿Te parece que se explicó con claridad cómo elaborar el texto de una estrategia?
Cierre de la entrevista	¿Algún comentario que quieras agregar?

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo unanimidad entre los estudiantes de la muestra en el concepto de estrategia como un plan de acción, lo cual es correcto. Por lo tanto, el concepto de estructura se incorporó correctamente. También consideraban su aplicación en variados ámbitos como el deporte, las tareas domésticas, los juegos, el trabajo, aún en decisiones importantes. Lo cual demuestra que el concepto de estrategia pudo ser aplicado a otros entornos.

Los descubrimientos fueron distintos, lo cual tiene sentido porque es la forma de conocer por sí mismos con sus propios estilos y modelos mentales. Las respuestas variaron desde que los programas de informática son muy lógicos, que era mejor entender en lugar de mecanizar los ejercicios, que es necesario ser más consciente de lo que se hace, que facilitó el pensamiento de la diagramación, que genera amplitud mental, que lo ayudó a ordenarse para tomar decisiones referentes a la resolución, y el último, a verificar el resultado y la aplicación que se usa en la cátedra para diagramar. Aun siendo diferentes, primero cabe destacar la existencia de un descubrimiento, y además que existe una coincidencia general sobre cuanta claridad o conciencia les da elaborar una estrategia, y sobre la importancia de una buena estrategia para resolver bien los ejercicios.

Todos relacionaron la estrategia con conceptos previos. Un estudiante con conocimientos de lógica, otro con estrategias de juegos, otro con metodologías de diseño, otro con planificación y organización de un proyecto, otro con experiencias laborales, otro con el estudio, y otro con conocimientos previos de programación. Es decir que se encontraron relaciones ora en los conocimientos, ora en la metodología. Sin embargo, les costaba encontrar dichas relaciones, más sentían mucha satisfacción al percatarse de su propio recorrido de adquisición de conocimiento.

En general, la mayoría (70%) coincidió en que recordará la máxima “Pensar antes de actuar”, incluso, algunos sienten que incorporaron una nueva forma de analizar. Específicamente las respuestas fueron que recordarán: las conexiones lógicas, a pensar antes de actuar, a pensar incluso cómo optimizar, la forma de analizar los problemas para evaluar varios caminos de resolución y escoger uno, la diferencia entre describir un código e interpretarlo, la estrategia de estudio.

La heurística para Jerome Bruner es un concepto interesante pero no definitivo, es decir, es interesante y útil, pero no existe una sola manera válida o universal de proceder. Este carácter variable se vio reflejado en que cada estudiante entrevistado tenía su propio método, y a la vez, todos guardaban un núcleo común de comprender bien el problema y evaluar la forma de llegar al objetivo. Algunos agregaban la preocupación por la forma de mostrar los resultados, otros por asegurarse haber comprendido correctamente preguntándole al profesor o al usuario si fuera una situación laboral.

A continuación, se transcriben los métodos:

- A) Entender qué te piden para tener una base y no hacés nada al azar, 2. Ir construyendo lo que te piden, 3. Cerrar con un moño (verificación, forma de presentar los resultados),
- B) 1. Leer el enunciado, 2. Qué datos se ingresan, 3. Qué te están pidiendo, 4. Donde se ingresan los datos, 5. Qué hay que hacer, 6. Se puede dibujar el armado de esos vectores o variables, 7. se escribe.
- C) 1. Leer atentamente la consigna, 2. hacerte un diagrama mental, qué información hay, qué se repite, si yo fuera la computadora, como me van a ingresar, 3. qué hacer con los datos y cómo lo puedo combinar, 4. como lo muestro por pantalla (ordenado, etc.)
- D) 1. Leer el enunciado, 2. Volver a leer y fijarte qué te están pidiendo, 3. Cómo puedo dárselo, 4. Y cómo sabe la computadora dónde está, cómo procesarlo y cómo me lo devuelve.
- E) 1.Cuál es el problema u objetivo, 2. Planteo todos los caminos posibles, 3. Preguntar lo que haga falta para ver más o comprender mejor, 4. Considerar cuál es el más adecuado
- F) 1. Separar los lotes de ingreso, 2. Ver qué te piden los puntos, 3. Pensar cómo vas a introducir los datos, 4. en base a lo que piden los puntos, pensar qué algoritmos te sirven, 5. Ir completando en cada lote para cumplir los objetivos. Primero te planteas todo lo que hay que hacer y después escribís la estrategia.
- G) 1. saber qué se pide, 2. asegurarse de haber entendido bien

Hubo unanimidad en cuanto a la pertinencia del tema en el primer año de la carrera de ingeniería industrial, todavía más, uno consideró debía enseñarse en el seminario de ingreso, que es un curso previo común a todos los estudiantes de ingeniería de la UTN. La pertinencia estaba asociada a la esencia de todas las carreras de ingeniería, o por el momento de la carrera para poder aplicarlo en los años consecutivos, o para comenzar a pensar y optimizar desde primer año, o porque lo asocian a una incorporación de nuevas habilidades de pensamiento. Esto apoya la idea de Jerome Bruner de que pueden enseñarse todos los temas a cualquiera, en cualquier edad, en alguna forma. De hecho, existe en el currículum de ingeniería industrial una insistencia sobre el concepto de estrategia desde la perspectiva de diferentes disciplinas.

Andamiaje es un concepto tan rico como complejo, en esta pregunta se recibieron propuestas muy interesantes para mejorar la estrategia de enseñanza. Como, por ejemplo, hacer un repaso de las tablas de verdad de lógica; revisar los enunciados porque siempre piden realizar un diagrama y solo en el trabajo práctico y exámenes se pide elaborar la estrategia; o comenzar a ejercitar el desarrollo de la estrategia desde el principio y que vaya acompañando todo el proceso de incremento de otros saberes, también uno mencionó la necesidad de un método para elaborar la estrategia y practicarlo incluso antes de asociarlo a los ejercicios, y otro mencionó una falta de

interés por el tema al principio. Asimismo, todos valoraron que haya sido obligatorio escribir la estrategia en el examen para sentirse compelidos a aprender a desarrollarla.

Jerome Bruner plantea tres formas de presentar los conceptos, a través de la acción, de apoyos visuales o del lenguaje. Por ello, se consultó si les gustaría que se les presentara el tema bajo los primeros dos métodos además del simbólico. La mitad consideró una buena idea incluir una actividad con acción para aprender a través de la experiencia, y la mayoría (70%) apoyaron la idea de tener un esquema visual que representara los componentes de la estrategia o una secuencia de pasos. Cabe destacar el sentido de compañerismo de los estudiantes que, aunque algún método no les interesara, de todas maneras, apoyaban su implementación porque consideraban que a algún compañero seguramente le podría servir.

El autor reconoce en la confianza la valentía de un estudiante para aventurarse a realizar hipótesis por sí mismo. Al respecto, la mitad manifestó sentirse con más confianza, y la otra mitad mostró dudas al respecto. Los primeros indicaron haberla alcanzado luego de mucha práctica y estudio.

El pensamiento intuitivo como lo plantea el autor no ha sido lo que más se vio reflejado en la mayoría de las respuestas que prefieren el camino analítico puro, sin aventurar hipótesis a priori. El 70% respondió afirmativamente, pero con reservas, y al explayarse demostraban que en realidad preferían el camino analítico. Excepto por dos casos, uno que sintió que podía ayudar a unos compañeros analizando el enunciado directamente, y otro que desarrolló una intuición sobre que algo no lo terminaba de convencer cuando había un error. Sin embargo, en cuanto a cómo experimentaron el conocimiento, la mayoría (70%) se sentía un ingeniero industrial en acción y lo reconocían con entusiasmo. Un estudiante manifestó sentirse programador y otro que no pensó en ningún rol en particular.

Todos consideraron interesante el tema, cinco lo consideraron precisamente interesante y dos lo distinguieron más como útil. Las motivaciones, fuera de la obviedad de aprobar la materia, eran los deseos de aprender realmente los conocimientos o herramientas nuevos (57%), la superación personal o de desafíos (43%), el aprender buenas prácticas (29%), y la satisfacción del logro y el gusto por el tema (14% respectivamente).

Imaginan la idea de cómo se piensa en la disciplina como: una forma muy lógica, una forma muy lógica que analiza cada acción, una forma crítica de pensar, un método que tiene una estrategia previa a la programación, o un método que comienza por detectar el resultado y desde allí construir el camino para llegar a ese objetivo, una colección de herramientas entre las cuales elegir la más indicada para resolver.

La capacidad amplificadora de la estrategia la hallaron con unanimidad en el pensamiento, para optimizar y mejorar lo que se hace.

En cuanto a la alfabetización académica, todos vieron en la estrategia didáctica del texto un organizador de ideas, pero solamente tres manifestaron mejoras en la expresión a través de la ejercitación de la síntesis de ideas, los demás comentaron que ya tenían buen nivel de expresión. En adición, percibieron -correctamente- que se valora más el texto conciso que el extenso. Para la enseñanza de la escritura de la estrategia, casi todos valoraron tener ejemplos, pero dos (30%) señalaron la falta de un método claro.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, a la luz de los conceptos de Jerome Bruner podemos inferir que existe una idea fundamental de estrategia que ha sido aprehendida por los estudiantes de la muestra, quienes además detectaron sus múltiples aplicaciones.

Quizás debería plantearse en clase la reflexión sobre la relación con conocimientos previos, dado que refuerza la confianza de los estudiantes.

Es interesante que, al inquirir sobre la memoria, las respuestas no se dirigieron únicamente hacia definiciones, ni información, sino hacia la actitud frente a un problema. Esto podría relacionarse con la formación en competencias.

El tema es considerado apropiado para el primer año, aun así, queda para futuras investigaciones la revisión del currículum desde los contenidos que pueden adelantarse, los contenidos de otras materias de primer año que conviven entre sí, y la relación con materias de segundo año.

Se detectaron áreas de mejora en la estrategia de enseñanza, pueden incorporarse secuencias didácticas de acción y visuales. Tanto para aumentar la experiencia y participación de los estudiantes, como para brindar un apoyo visual de los conceptos. También hicieron hincapié en la necesidad del dominio de los temas y de practicar desde el principio la elaboración de la estrategia.

Las motivaciones de los estudiantes son más que aprobar la materia, engloban aprender realmente los nuevos conocimientos, superarse, lograr dominio de los temas, entre otras. Cabe destacar, que el interés y la relevancia otorgada al tema de la estrategia, llegó luego de mucha

práctica y desarrollo del expertise. Por ello se recomienda reforzar la ejercitación e importancia de la estrategia desde el principio y acompañando todo el desarrollo de los temas de programación. Así como la su incorporación explícita en los enunciados de los ejercicios.

Por último, las respuestas en relación con los textos, dan cuenta de que se requiere una secuencia didáctica específica para su enseñanza. Si bien perciben que en la disciplina se prefieren los textos concisos, se percibió el reclamo de un método para la elaboración del texto.

En síntesis, las motivaciones de los estudiantes son favorables para el tema. Éste a su vez es reconocido como de gran relevancia.

En consecuencia, ya desde el principio de la cursada, se debería comenzar por evidenciar la importancia y utilidad de la elaboración de la estrategia, y en seguida desarrollar la teoría y práctica de su elaboración con un método claro, tanto de la elaboración de la estrategia como de su escritura, con actividades en las cuales participen los estudiantes, con apoyos visuales y la habitual explicación; e ir desarrollando y reforzando progresivamente el expertise de ambas cosas.

6. REFERENCIAS

- [1] Confedi; Confedi. (2018). "Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. Libro Rojo de Confedi". 63° Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina. Rosario, Argentina.
- [2] Camargo Uribe, Ángela; (2010). "Jerome Bruner: dos teorías cognitivas, dos formas de significar, dos enfoques para la enseñanza de la ciencia". *Psicogente 13*, pag 329-346. Barranquilla, Colombia.
- [3] Carlino, Paula; Carlino, P. (2005). *Escribir, leer, y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires. Primera edición. Fondo de Cultura Económica Argentina. Buenos Aires.
- [4] Bruner, Jerome; (1968). *El proceso de la Educación*. Mexico DF. Primera edición. Editorial UTEHA. México.
- [5] Bruner, Jerome; (1971). *Biblioteca Fundamental de la educación. El sentido de la educación. La importancia de la educación*. Buenos Aires. Primera edición en este formato. Paidós. Buenos Aires.
- [6] Bruner, Jerome; (1968). *El proceso de la Educación*. Mexico DF. Primera edición. Editorial UTEHA. México.
- [7] Bruner, Jerome; (1971). *Biblioteca Fundamental de la educación. El sentido de la educación. La importancia de la educación*. Buenos Aires. Primera edición en este formato. Paidós. Buenos Aires.
- [8] Bruner, Jerome; (1968). *El proceso de la Educación*. Mexico DF. Primera edición. Editorial UTEHA. México.
- [9] RAE; RAE (2021). *Real Academia de lengua española. Diccionario de lengua española*. 23° Edición. España.
- [10] Bruner, Jerome; (1968). *El proceso de la Educación*. Mexico DF. Primera edición. Editorial UTEHA. México.
- [11] Guilar, Moisés Esteban; (2009). "Las ideas de Bruner: De la revolución cognitiva a la revolución cultural". *Educere v13, n44*. Girona, España.
- [12] Bruner, Jerome; (1968). *El proceso de la Educación*. Mexico DF. Primera edición. Editorial UTEHA. México.
- [13] Bruner, Jerome; (1971). *Biblioteca Fundamental de la educación. El sentido de la educación. La importancia de la educación*. Buenos Aires. Primera edición en este formato. Paidós. Buenos Aires.
- [14] Diccionario de Cambridge; Diccionario de Cambridge On line (27 octubre 2021). URL: <https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles-espanol/>.
- [15] Confedi; (2018). "Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. Libro Rojo de Confedi". 63° Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina. Rosario, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a sus familias, a la Mg. Sabrina Olivera, a la UTN.BA, a los estudiantes que participaron de la investigación y al COINI.

Actividad dinámica colaborativa virtual aplicada en una materia integradora

Hetze Vanesa*; Colombo, Emanuel; Gasol, Julián; Moschini, César; Sassaroli, Fernando

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional.

* *vhetze@frsn.utn.edu.ar, ecolombo@frsn.utn.edu.ar, jgasol@frsn.utn.edu.ar, cmoschini@frsn.utn.edu.ar, fsassaroli@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN

El presente trabajo describe los resultados obtenidos a partir de la aplicación de actividades lúdicas en una materia integradora de Ingeniería Industrial en un contexto de no presencialidad. En esta situación singular, el grupo de docentes y alumnos que integran el proyecto de investigación: "Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando Juegos Serios en Ingeniería Industrial, parte II" ha desarrollado el Juego Serio denominado "Adivina qué soy", como recurso que favorece el aprendizaje de conceptos a través de la asociación y la lógica en una dinámica colaborativa y de competencia por equipos. El juego estimula la resolución de problemas, la comunicación y socialización. La experiencia desarrollada en formato virtual contribuye y complementa la enseñanza en esta realidad actual de emergencia sanitaria.

La metodología de análisis de resultados empleada es de carácter cuali-cuantitativo, basada principalmente en la realización de una encuesta a los participantes y se procesan estadísticamente para mostrar las tendencias encontradas. Se obtuvieron diversos efectos y utilidades como consecuencia de su uso y aplicaciones, ventajas y oportunidades, concluyendo que, permiten desarrollar contenidos específicos, como también competencias genéricas del ingeniero industrial en distintos escenarios de aprendizaje.

Palabras Claves: Juegos serios, no presencialidad, enseñanza, dinámica

ABSTRACT

This work describes the results that were obtained from the application of recreational activities in a subject of the industrial engineering career in a context of virtuality. In this particular situation, a group of professors and students that belong to a research project called: "Design and development of teaching strategies using serious games in industrial engineering, part II" have developed a serious game: "Guess what i am", as a resource that favors learning of concepts through the association and logic in a collaborative dynamic way and team competition. This game encourages problem solving, communication, and socialization. This experience that was developed in virtual format contributes and complements the teaching in this current reality of health emergency.

The results analysis methodology that was used is of a quali-quantitative nature, based mainly on conducting a survey to the participants and then this information is statistically processed to show trends that were found. Various effects and utilities were obtained as a consequence of its use and applications, advantages and opportunities, concluding that this game allow the development of specific contents, as well as generic competences of the industrial engineer in different learning scenarios.

Keywords: Serious games, virtuality, teaching, dynamics

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2016, el grupo de docentes y alumnos que integran el proyecto de investigación: “Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando Juegos Serios en Ingeniería Industrial”, ha diseñado y desarrollado propuestas lúdicas en diferentes marcos. El contexto actual, de no presencialidad, ha sido una oportunidad para continuar con el objetivo planteado y ampliar la investigación a la modalidad virtual de los juegos.

El presente trabajo describe los resultados obtenidos a partir de la aplicación de una actividad lúdica en una materia integradora de Ingeniería Industrial en un contexto de no presencialidad. En esta situación singular, el equipo ha implementado el Juego Serio denominado “Adivina qué soy”, como recurso que favorece el aprendizaje de conceptos a través de la asociación y la lógica en una dinámica colaborativa y de competencia por equipos.

2. MARCO TEÓRICO

El vertiginoso ritmo en la transformación de la educación, los cambios en los requerimientos en el mundo del trabajo, así como las modificaciones en los procesos de gestión de la información y del conocimiento, dan pautas de nuevas necesidades formativas en el aula y en la universidad.

Ante la exigencia de producir cambios en el currículum y en la enseñanza, con la intencionalidad de mejorar la calidad de la formación, CONFEDI aprobó el “Libro Rojo” [1] con los nuevos estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería. Creando así, un nuevo paradigma de educación en ingeniería, ya que incorpora el enfoque por competencias y la enseñanza basada en el estudiante.

Una competencia es una cualidad humana que se configura como síntesis dialéctica en la integración funcional del saber (conocimientos diversos), saber hacer (habilidades, hábitos, destrezas y capacidades) y saber ser (valores y actitudes) y que son movilizados en un desempeño idóneo a partir de los recursos personalológicos del sujeto, que le permiten saber estar en un ambiente socioprofesional y humano en correspondencia con las características y exigencias complejas del entorno. [2]

En pos de este cambio de paradigma y afrontando este singular contexto de pandemia, se plantea la utilización de los juegos serios como una posibilidad de respuesta a estos nuevos escenarios.

Según Sánchez Gómez, los juegos serios son herramientas de aprendizaje que poseen, objetivos pedagógicos, didácticos, que posibilitan a los participantes obtener un conjunto de conocimientos y competencias predominantemente prácticos. [3]

Los juegos serios utilizan elementos de juegos en un contexto diferente para aumentar la motivación y el compromiso con lo que se enseña, cualidades que son beneficiosas en el proceso de aprendizaje, además de mejorar la experiencia que tiene el alumno. [4]

En 2020, el juego virtual “Adivina qué soy” permitió la asociación de conceptos más allá de los que se presentaron como incógnitas, afianzó conceptos fundamentales, y se evidenció durante las corridas, que necesariamente los estudiantes tuvieron que recordar otros conceptos para llegar a resolver el enigma. [5]

El conocimiento basado en el juego prevalece más en el tiempo respecto del basado en material teórico, siendo analizado mediante una prueba, días después de la instrucción. En cambio, con una prueba inmediatamente después de la instrucción, los resultados (conocimientos) son propensos a ser similares. [6]

El ejercicio continuado de un juego desarrolla las habilidades de ejecución concretas que forman parte de los objetivos pedagógicos del mismo, siendo la dificultad específica de esta práctica la del diseño de una actividad lúdica óptima para el aprendizaje. [5]

Los elementos que definen un juego son la meta, las reglas, el sistema de feedback y la participación voluntaria. En tanto, la interactividad, los gráficos, la narración, las recompensas, la competitividad, los entornos virtuales o la idea misma de “ganar”, son rasgos comunes a muchos juegos, en los que a menudo se piensa cuando se trata de juegos hoy en día, pero no son rasgos que los definan, son distintos esfuerzos por reforzar y potenciar los cuatro elementos básicos. [7]

Estarán mejor preparados para dar forma al futuro quienes puedan aprovechar el poder de los juegos en las comunidades, en los negocios y en la vida. Ya que aportan mejores oportunidades para resolver problemas, crear nuevas experiencias y solucionar lo que está mal en la realidad. [7]

Son éstas, competencias que se precisan desarrollar en los estudiantes y que a través de este juego serio se estimulan. El diseño de juegos constituye un modo de pensamiento y liderazgo propio del siglo XXI, y jugar no es sólo un pasatiempo, es un modo de trabajar en conjunto para alcanzar cambios reales. [7]

3. METODOLOGÍA

La metodología de análisis de resultados empleada es de carácter cuali-cuantitativo, basada principalmente en la realización de una encuesta a los participantes y se procesa estadísticamente para mostrar las tendencias encontradas.

En los apartados siguientes, se describirá la prueba realizada del juego en su versión virtual, en la clase sincrónica de la materia Estudio del Trabajo, perteneciente al 3° año de la carrera de Ing. Industrial de la UTN FRSN.

4. DESARROLLO

Se describen a partir de aquí, las instrucciones del juego desarrollado en la materia, su dinámica y encuesta diseñada.

4.1. Diseño

El juego que se presenta en este trabajo fue diseñado y probado en primera instancia por el grupo de estudiantes que integra el proyecto. Los cuatro elementos principales (la meta, las reglas, el sistema de feedback y la participación voluntaria) fueron trazados íntegramente por los estudiantes de UTN FRSN, y la prueba piloto se realizó entre las dos facultades participantes del proyecto (FCEIA de la UNR y UTN FRSN). Cabe aclarar que la lúdica se planteó para que se pueda utilizar tanto de forma presencial como en línea.

Se efectuaron reuniones del equipo de investigadores para el diseño y desarrollo en conjunto con profesores de la materia, quienes colaboraron con el conocimiento específico para crear los bloques de temas, elegir las palabras a identificar, sumar pistas sobre las mismas.

Además, se realizaron ensayos por el equipo de investigadores para ajustar la dinámica, instrucciones y reglas del juego.

La prueba se realizó en la materia Estudio del trabajo, que analiza los métodos de trabajo para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.

Los temas se dividieron en dos grandes apartados: Estudio de tiempos y estudio de métodos. Los enigmas que contenían las tarjetas fueron, por ejemplo, Productividad, Cursograma analítico, SMED, entre otros (Figura 1).



Figura 1 Tarjetas temáticas

4.2. Dinámica

4.2.1. Objetivo

Descifrar una incógnita mediante la formulación de preguntas al resto del equipo, quienes conocen dicho enigma y colaboran con las respuestas dadas.

4.2.2. Alcance

Materia Estudio del trabajo de Ing. Industrial.

4.2.3. Desarrollo del juego

El juego se llevó a cabo en la plataforma zoom, donde los estudiantes, docentes, y representantes del proyecto se presentaron con un dispositivo digital con cámara (computadora, Tablet o celular). Allí, un grupo de coordinadores comunicó las reglas del juego mediante una presentación en PowerPoint y se compartió la imagen de las instrucciones resumidas (Figura 2).

Se invitó a los participantes a activen sus cámaras. Esto no solo permite fomentar un sentido de acercamiento, sino que motiva a los jugadores a cumplir las reglas.

Se dividió al grupo en pequeños equipos, en salas de zoom, para llevar adelante el juego, con un moderador por sala. Se armaron los equipos aleatoriamente, con la finalidad de que los estudiantes puedan jugar con compañeros que normalmente no trabajan. Los docentes recorrieron las sesiones para observar el desarrollo de la dinámica.

<h1>Instrucciones</h1>	
<h2>ADIVINA QUE SOY</h2>	
Adivinador	
1.	Darse vuelta para no ver tarjeta
2.	Realizar preguntas para adivinar la incógnita de la tarjeta, una vez a cada miembro del equipo.
3.	Pedir pista y/o arriesgar respuesta (2 veces)
Equipo	
1.	Ver tarjeta incógnita
2.	Responder a las preguntas para orientar al adivinador, con: si, tal vez, estas cerca, no
Puntaje	
Incógnita adivinada:	
	Antes de 1 min= 5
	Entre 1 y 2 min= 3
	Entre 2 y 3 min= 1
	Con Bonus Track= 0,5
	Sin respuesta= 0
	No cumplir reglas -3

Figura 2 Instrucciones del juego

4.2.4. Dinámica/corridas

Cada equipo se conformó por 5 jugadores, con un moderador a cargo de la sala, para que todos jugaran en paralelo.

El moderador compartió su pantalla a través de la plataforma (Figura 3), en la misma se visualizaba una ruleta con los temas a elegir, un cronómetro, y un mazo digital con las cartas incógnitas que daban lugar al juego.

Los miembros del grupo eligieron por votación a un representante para comenzar a jugar (el primero en adivinar). El coordinador del grupo dio comienzo a la lúdica, girando la ruleta para develar el tema que contenía la palabra a averiguar. A posteriori, solicitó al adivinador que permaneciera con la cámara activada y se rotara disponiéndose de espaldas a la pantalla. Luego, el coordinador develó la carta enigma al resto del equipo. Finalmente, la carta se ocultó y el adivinador volvió a su posición inicial.

En el siguiente paso, el coordinador de la sala activó el cronómetro digital en pantalla. Durante un lapso de 3 minutos, el adivinador pudo hacer preguntas a sus compañeros para que ellos respondieran con “sí”, “no”, “tal vez” o “estas cerca”. De esta forma, ayudaron al adivinador a desentrañar el enigma.

En caso de que el adivinador considerara que ya sabía la respuesta, tenía dos oportunidades para arriesgar. En caso de acierto, y dependiendo del tiempo en efectuar la respuesta, el equipo recibía diferentes puntajes (Figura 2).

Es importante señalar, que las preguntas tienen un vocabulario específico a la materia vinculada. Si el moderador considerara que la pregunta no fuese adecuada, podría intervenir y anularla antes de que el equipo dé una respuesta. Si a pesar de ello, el grupo contestara, la penalización se vería reflejada en el puntaje.

La infracción a las reglas y cualquier situación que diera sospechas objetivas al coordinador acerca de una falta, sería penalizada con puntajes.

En cada sala se hicieron 5 corridas, para que cada estudiante pudiera participar en el rol de adivinador.

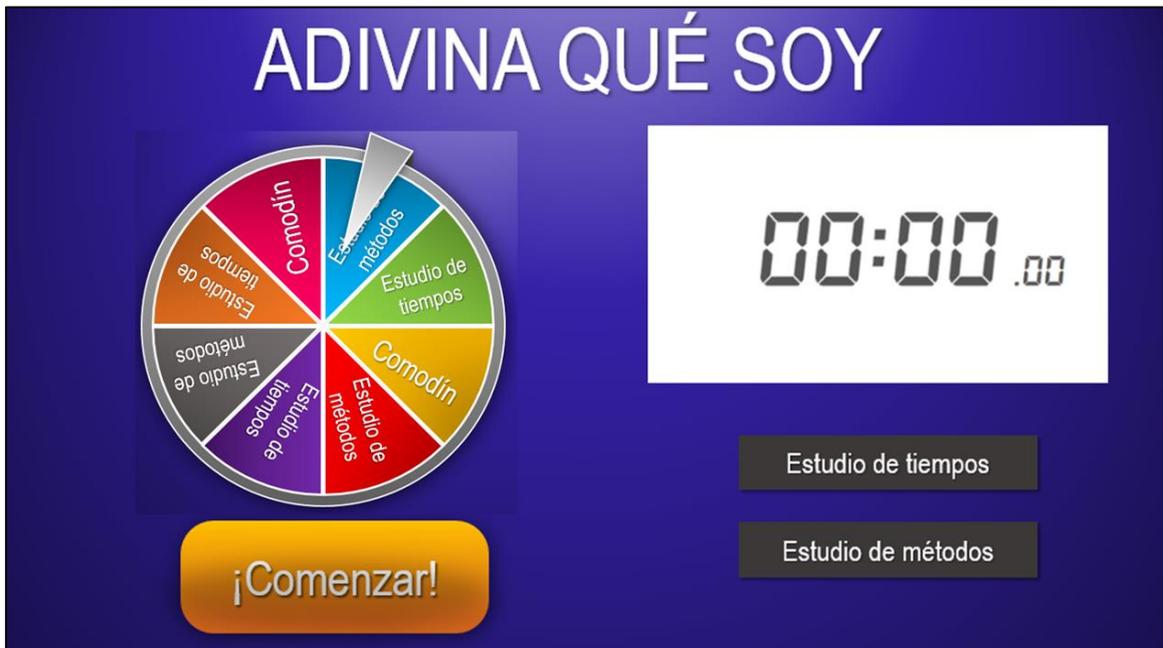


Figura 3 Pantalla del juego

4.2.5. Bonus Track

En caso de agotarse el tiempo y que el adivinador no pudiese arriesgar, por falta de información, el coordinador del equipo dará una pista fuera de tiempo. A partir de allí, el jugador tendrá 30 segundos para responder, sumando puntaje en caso de develar la incógnita.

4.2.6. Rondas

Cada estudiante miembro del equipo debe, al menos una vez, pasar por el rol de adivinador. Pueden efectuarse tantas rondas como se considere necesario, y dependiendo de la cantidad de tarjetas incógnitas con las que se cuenta.

En esta prueba del juego virtual se realizó una sola ronda, con una duración de 30 min.

4.2.7. Cierre del juego

Al finalizar las rondas, los participantes, moderadores y docentes regresan a la sala principal de zoom, para dar cierre al juego. En este momento, pueden realizarse consultas, despejar dudas, y aclarar conceptos.

4.3. Encuesta

Se diseñó un instrumento de recolección de información. Esta encuesta, que puede observarse en la Tabla 1, se plantea en tres segmentos: Una primera parte indaga acerca de los conocimientos del alumno. En segundo lugar, examina el juego completo, sus reglas e instrucciones. Por último, pretende analizar qué competencias puede desarrollar el juego en el estudiante.

Tabla 1 Encuesta aplicada a los participantes

Pregunta	Opciones
Antes de comenzar este taller, ¿qué tanto recordabas de los temas tratados?	1-5 (Nada- Mucho)
¿Considerás que el juego en el que acabas de participar te ayudó a recordar los temas tratados?	1-5 (Nada- Mucho)
¿Qué tan útil te parece que es un juego para repasar conocimientos de un tema específico?	1-5 (Nada- Mucho)
Las instrucciones del juego dadas al inicio de la actividad, ¿te resultaron claras y comprensibles?	1-5 (No, ninguna- Si, todas)
¿Qué tan clara te resultó la interpretación de las pistas?	1-5 (Nada claras- Muy claras)

¿Cómo considerás que fue la interacción con los otros participantes de tu equipo?	1-5 (Muy escasa- Muy fluida)
Marca el número que más se aproxime a la valoración que realizas del juego que acabas de realizar	1-5 (Tedioso- Divertido)
Volverías a participar o recomendarías juegos serios para la enseñanza de temas específicos? por favor, valora tu respuesta:	1-10
¿Considerás que estas habilidades fueron desarrolladas a través del juego?	Nada, Muy poco, Algo, Bastante, Mucho
Trabajo en equipo	
Comunicación fluida con pares	
Elaboración de preguntas	
Toma de decisiones	
Aprender a aprender	
Asimilación de la información	
Autoconfianza	
Motivación del equipo	
Adaptación a nuevos grupos	
Resolución de problemas	

5. RESULTADOS

Se describen a continuación los resultados de la encuesta:

- El 53% de los estudiantes recordaba bastante los temas dados, en tanto el restante 47% indicó categorías más bajas
- El 87% de los participantes indicó que el juego le ayudó a recordar los temas dados
- El 87% de los partícipes expuso que un juego es útil para repasar conocimientos de un tema específico
- El 100% indicó que las instrucciones del juego dadas al inicio de la actividad fueron claras y comprensibles
- El 93% contestó que la interpretación de las pistas fue buena y muy buena
- El 93% de los alumnos consideró que la interacción con los participantes de su equipo fue entre fluida y muy fluida
- Un 87% determinó que el juego le resultó bastante divertido
- La valoración general, en cuanto a si volverían a participar o recomendar un juego serio para la enseñanza de temas específicos resultó satisfactoria, con un 93% entre 8 y 10 en una escala 1-10

Los resultados a la pregunta que hace referencia a las competencias sociales y actitudinales, considerando las habilidades desplegadas durante el juego, se observan en la figura 4. Se puede deducir a partir de los datos obtenidos que se desarrollan estas competencias a través de juegos serios.

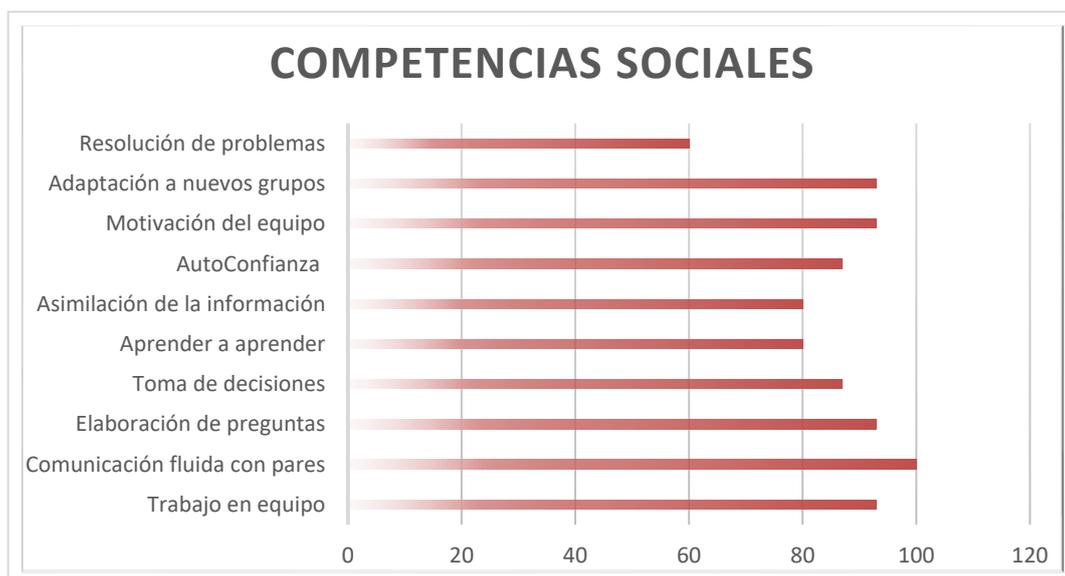


Figura 4 Competencias y habilidades sociales desarrolladas

6. CONCLUSIONES

Se obtuvieron diversos efectos y utilidades como consecuencia de su uso y aplicaciones, ventajas y oportunidades, concluyendo que, permiten desarrollar contenidos específicos, como también competencias genéricas del ingeniero industrial en distintos escenarios de aprendizaje.

El sistema del juego fuerza a los estudiantes a interactuar, manteniendo una comunicación efectiva con sus pares, motivados por la competencia y la idea de “ganar”.

La necesidad de formular preguntas precisas, retomando saberes dados, afianzando y asociando conceptos, da como resultado una mejor asimilación del conocimiento. El enfoque centrado en el estudiante requiere sumar herramientas didácticas que permitan este tipo de complementos en la educación, favoreciendo la motivación, la reflexión en la acción y el desarrollo de diversos saberes. El desarrollo de este juego, diseñado en un principio para materias básicas, planteado en esta ocasión en una materia integradora, puede adaptarse en diferentes áreas y temáticas, dada su versatilidad a través de las tarjetas temáticas. Se requiere, indispensablemente, la participación activa de los profesores a cargo, para un correcto diseño de la lúdica.

Su versatilidad, también será dada, a través del ambiente vinculado al juego serio, en esta oportunidad probado en un espacio virtual, y a futuro pensado en un espacio físico presencial y con nuevas competencias por desarrollar.

7. REFERENCIAS

- [1] CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina*. “Libro Rojo de CONFEDI”.
- [2] Tejeda, R., y Sánchez del Toro, P. (2010). “Estrategias de intervención para la formación de competencias profesionales en la educación superior”. *Revista de Pedagogía Universitaria*, XV (5), 39–53. Retrieved <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/view/554/553>
- [3] Sanchez Gomez M. (2007) “Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables)”. *V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables*, Bilbao España.
- [4] Domínguez A., Saenz-de-Navarrete J., de-Marcos L., Fernández-Sanz L., Pagés C., Martínez-Herráiz J. J. (2013) “Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes.” *Computers & Education*, 63 380–392
- [5] Valentini, J. E.; Castro, M.; Colombo, E.; Gasol, J.; Moschini, C. y Sassaroli, F. (2021). “Propuesta de un Juego Serio en materias de ciclo básico de Ingeniería Industrial”. *AACINI – Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, N° 3–junio de 2021–pp. 74-88.
- [6] Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). “A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games”. *Journal of Educational Psychology*. Advance online publication (4/2/2013). doi: 10.1037/a0031311
- [7] McGonigal J. (2011) *Reality is broken: why games make us better and how they can change the world*. The Penguin Press. USA

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Mg. Marta Liliana Cerrano, directora del Proyecto (FCEIA de la UNR), a la Lic. Ma. Laura Gallegos, coordinadora del grupo de Juegos Serios en UTN FRSN, y a la Ing. Laura Bárbaro, profesora de la cátedra de Estudio del Trabajo en UTN FRSN.

¿Resuelven las correlativas el ordenamiento académico?

Guzmán, María Fernanda*¹ y Perotti, Nora Inés^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán; ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

mferguzman@herrera.unt.edu.ar; nperotti@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

Para atender la situación inesperada generada por las primeras acciones de confinamiento dispuestas por autoridades nacionales, con motivo de la pandemia de COVID-19, todas las instituciones educativas encararon, de un día para otro, la implementación de la llamada "Educación Remota de Emergencia". Junto a estas acciones académicas, se plantearon acciones reglamentarias tendientes a generar condiciones paliativas que intentaron facilitar el tránsito de los estudiantes por las carreras.

En la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, se permitió "*modificar la condición de Aprobado exigida para rendir examen final en todas las asignaturas por la condición de Regular*". Esta decisión fue tomada en condiciones de urgencia y excepcionalidad, en oportunidad, mérito y conveniencia académica para garantizar a los estudiantes la continuidad en sus carreras.

A pesar de muchas opiniones en contrario de docentes, sobre levantar las restricciones de correlativas, se concretaron exámenes bajo estas condiciones atípicas.

Como consecuencia de esta disposición transitoria, se tomaron durante 9 meses examinadoras, dentro de las 20 carreras que se ofrecen en la facultad. El porcentaje de resultados exitosos, fue de 93,7% de exámenes aprobados. Este indicador mueve a repensar a las correlativas como eje del desarrollo curricular estricto, ¿La exigencia de materia regularizada puede ser un requisito suficiente para el ordenamiento del estudiante a lo largo de su carrera, que contemple la posibilidad de mejor planificación de sus tiempos, intereses, y motivaciones personales?

Palabras Claves: Correlativas, Ordenamiento, Plan de Estudios.

ABSTRACT

To develop the unexpected situation generated by the first confinement actions ordered by national authorities, due to the COVID-19 pandemic, all educational institutions faced, from one day to the next, the implementation of the so-called "Remote Emergency Education". Along with these academic actions, regulatory actions were proposed to generate palliative conditions that tried to facilitate the transit of students through the careers.

In the Faculty of Exact Sciences and Technology of the National University of Tucumán, it was allowed "*to modify the condition of Pass required to take the final exam in all subjects due to the condition of Regular*". This decision was made under conditions of urgency and exceptionality, in terms of opportunity, merit and academic convenience to guarantee the students continuity in their careers.

Despite many contrary opinions from teachers, by exemption of correlative restrictions, exams were carried out under these atypical conditions.

As a consequence of this transitory decision, 9 exams were taken, within the 19 careers offered at the faculty. The percentage of successful results was 93.7% of passed exams. This indicator prompts us to rethink correlatives as the axis of strict curricular development! Can the requirement of regularized contents be a sufficient requirement for ordering the students throughout their careers, which contemplates the possibility of better planning of their times, interests, and personal motivations?

Keywords: Correlative, Ordering, Study Plan.

1. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán, es una facultad bastante compleja, con una oferta académica de 11 carreras de ingeniería (Ingeniería Azucarera, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Agrimensura, Ingeniería en Computación, Ingeniería Geodésica y Geofísica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química), 3 licenciaturas (Licenciatura en Física, Licenciatura en Informática, Licenciatura en Matemática) y 4 tecnicaturas (Tecnicatura Universitaria en Física Ambiental, Tecnicatura Universitaria en Física, Tecnicatura Universitaria en Tecnología Azucarera e Industrias Derivadas, Tecnicatura en Iluminación), Programador Universitario y Diseño en Iluminación.

La situación inesperada creada por la pandemia de COVID-19, administrada a nivel nacional mediante sucesivas prórrogas de períodos de aislamiento social, preventivo y obligatorio, a partir del 20 de marzo de 2020, determinaron la necesidad de implementación de estrategias virtuales; promoviendo de esta forma una “Educación Remota de Emergencia”.

Esta situación llevó a incrementar el uso de diferentes espacios virtuales, a través del uso del campus virtual de la FACET implementado en Moodle como el uso de herramientas de la suite de google, como es el caso de google classroom y google meet. Las herramientas tecnológicas de aula virtual, clases sincrónicas virtuales, foros, elaboración de interrogatorios y cuestionarios bajo distintas modalidades, se implementaron con el acompañamiento de la comunidad educativa.

Durante el período de confinamiento, la UNT ratificó la vigencia de los calendarios académicos aprobados por los Consejos Directivos de las Unidades Académicas, y habilitó a la realización de adecuaciones que cada dependencia estimara conveniente realizar, para continuar desarrollando actividades no presenciales en los campos virtuales tanto de la UNT como en los propios de las Facultades, habilitando modos diversos para establecer vínculos virtuales con los alumnos, proponiendo actividades a través de todos los medios disponibles, dando continuidad al desarrollo de las actividades académicas establecidas.

Entonces, junto a las acciones académicas, se plantearon acciones reglamentarias tendientes a generar condiciones paliativas que intentaran facilitar el tránsito de los estudiantes por las carreras.

En una primera instancia la FACET aprobó mediante Resolución de Decano la modificación de las condiciones de correlativas para el cursado de las asignaturas, en dicha resolución se establece: *“Modificar la condición de Aprobado exigida para el cursado en todas las asignaturas correspondientes al primer cuatrimestre del 2020 y sustituirla por la condición de Regular”* Art. 1° Resolución 0055/2020 convalidada por Resolución de Consejo Directivo 0078/2020.

Así mismo, el régimen de correlativas interno, también exige, para el ordenamiento interno en las carreras, un régimen de ordenamiento que se vio modificado en el Artículo 2°: *“para el cursado del módulo VII en adelante es necesario tener aprobadas todas las asignaturas del módulo N-5, a la exigencia de asignaturas aprobadas del módulo N-6”*. Cabe aclarar que todas las asignaturas de FACET son cuatrimestrales y que las carreras de ingeniería están organizadas en 10 módulos. Resolución Decano N°: 0055/2020 y Resolución CD N° 0078/2020.

Posteriormente los consejeros estudiantiles solicitaron un pedido de modificación de correlativas de exámenes, por lo que en FACET, el Consejo Directivo, permitió *“modificar la condición de Aprobado exigida para rendir examen final en todas las asignaturas por la condición de Regular”*. (Artículo 1°, Resolución CD N° 0268/2020). Esto se propone aplicarse para las mesas hasta el 31/03/2021, es decir para exámenes finales a partir del mes de Septiembre del 2020.

Esta decisión fue tomada en condiciones de urgencia y excepcionalidad, en oportunidad, mérito y conveniencia académica para garantizar a los estudiantes la continuidad en sus carreras.

1.1. Reglamentación modificada.

El régimen de correlativas interno, planteado para cada carrera, determina la exigencia de asignaturas aprobadas para rendir las materias siguientes definiendo un ordenamiento interno en las carreras. En situación excepcional, por Pandemia, se modificó la condición de Aprobado exigida para rendir examen final en todas las asignaturas por la condición de Regular. (Resolución del Consejo Directivo número 0268/2020)

2. OBJETIVOS.

En este contexto de emergencia sanitaria, estas acciones que se llevaron a cabo permitieron plantearnos como objetivo de este trabajo, hacer una evaluación de los resultados de la

implementación de estos cambios reglamentarios en el desempeño de los exámenes rendidos por el alumnado.

3. METODOLOGÍA.

La información estadística del desempeño de los estudiantes se tomó de la base de datos disponible en SIU GUARANÍ 3.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), tiene 5205 alumnos activos, entre inscriptos y re-inscriptos. La caracterización del alumnado se presenta en la Figura 1.

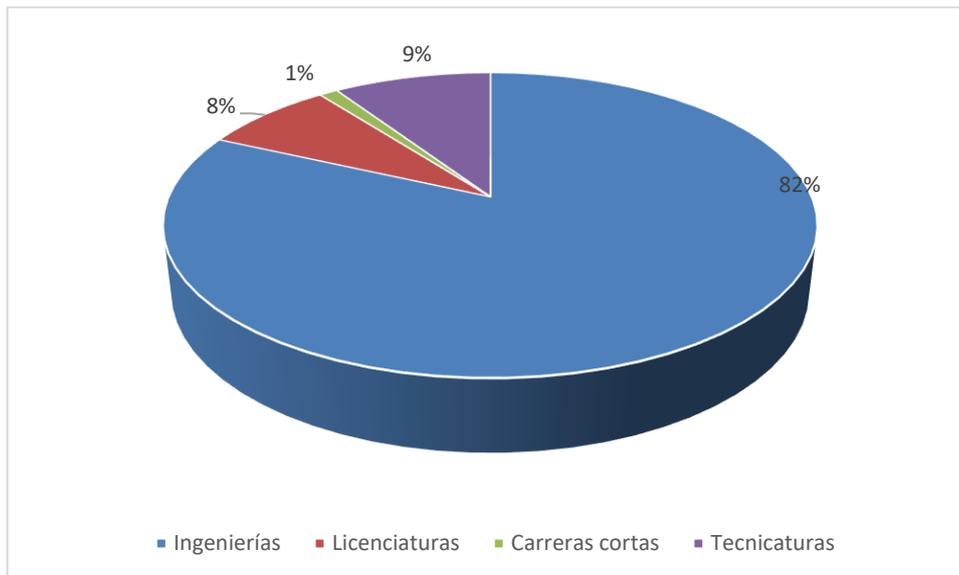


Figura 1 *Distribución porcentual de los alumnos inscriptos y re-inscriptos de la facultad*

La participación de los estudiantes de Ingeniería Industrial, en el total de los inscriptos e re-inscriptos en las 11 carreras de ingeniería que la facultad ofrece, se presenta en la Figura 2.

La carrera de Ingeniería Industrial tiene la mayor participación, y constituye el 21 % de los alumnos de las ingenierías.

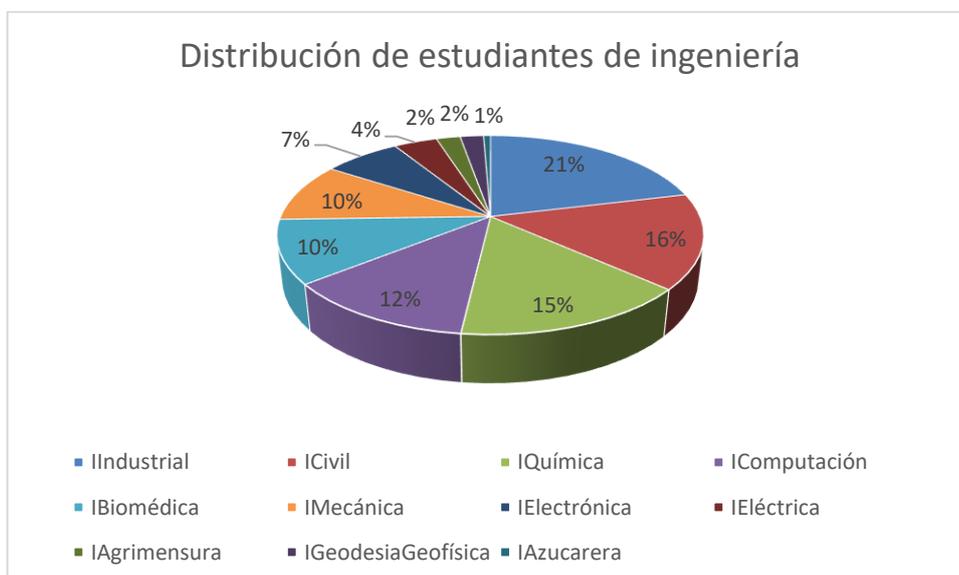


Figura 2: *Distribución de estudiantes de las carreras de ingeniería*

Durante los dos cuatrimestres de 2020 y el primero de 2021, las actividades presenciales no estuvieron habilitadas por las autoridades de UNT, e inicialmente, el modo sorpresivo del inicio del Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO), hizo que muchos docentes no se consideraran en condiciones de tomar evaluaciones virtuales, lo que paulatinamente se fue modificando, mediante evaluaciones del proceso formativo, y finalmente, se fueron organizando las evaluaciones finales.

Ante la necesidad de resolver las inéditas dificultades, se buscó introducir cambios administrativos, que permitieran a los estudiantes, rendir asignaturas que tenían “regular”, sin cumplimentar con la correlativa solicitada como aprobada para el examen final de una determinada asignatura.

Un dato adicional, que sin dudas, es relevante para el análisis de los resultados que se informan, es que muchos docentes que tomaron exámenes, estaban en desacuerdo con estas facilidades, argumentando la necesidad de cumplimentar el compromiso frente a los procesos de acreditación ante CONEAU, ya que 9 de las 11 carreras de ingeniería que se ofrecen en FACET, forman parte del Art. 43 de la Ley de Educación Superior Nro. 24.521, e integran el listado de carreras “..profesionales reguladas por el Estado, cuyo ejercicio pudiera comprometer el interés público poniendo en riesgo de modo directo la salud, la seguridad, los derechos, los bienes o la formación de los habitantes..”

Este punto fue consultado con la Dirección de Asuntos Jurídicos de la Universidad Nacional de Tucumán, que avaló estas disposiciones de carácter excepcional, en base a la situación novedosa.

Se analizaron los resultados de 9 mesas de examen, desde octubre del 2020 a marzo del 2021, en los que se inscribieron 6534 alumnos en 1093 asignaturas. Se presenta en la Figura 3 el desempeño promedio general de los estudiantes que indicó el 62,0% de alumnos aprobados y 19,3% de los alumnos fueron desaprobados y el resto corresponde a ausentes.

Desempeño General en Exámenes

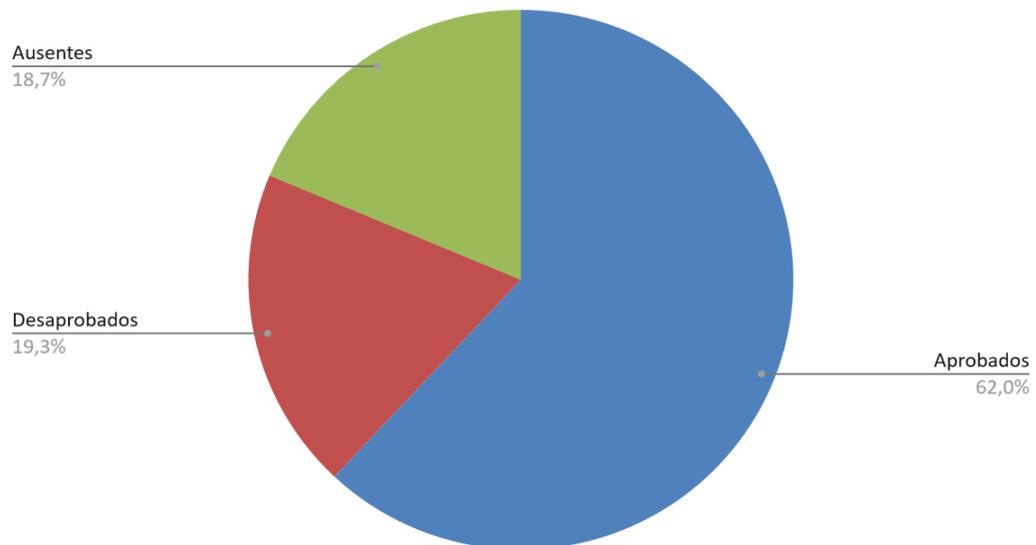


Figura 3: Distribución de los resultados generales en exámenes de FACET

El resultado general, contundente es que de los exámenes rendidos, el 76,23% fueron exitosos y solamente el 23,77% desaprobaron.

Un análisis más detallado, que fue bastante complejo obtener desde la información disponible en SIU GUARANÍ 3, fue la selección de los alumnos que se inscribieron en mesas examinadoras sin contar con el requisito de tener aprobada la asignatura correlativa, sino que solamente tenían regularidad.

Se observó que el resultado fue exitoso en el 93,7% de los casos de aquellos alumnos que se encontraban amparados en la Resolución 0268/2020, sobre un total de 631 alumnos inscriptos, que representó el 11,88% de la totalidad de los alumnos que rindieron examen final.

La muestra considerada correspondió a la totalidad de alumnos que hicieron uso de esta oportunidad extraordinaria.

En general hay que ponderar las siguientes situaciones:

- Dado que las resoluciones establecidas desde Rectorado, solo garantizaba las evaluaciones procedimentales y no las evaluaciones finales, esto llevó a que los docentes no realizaran evaluaciones finales de contenido durante las mesas especiales.
- Los alumnos en pandemia rindieron en virtud de las oportunidades que se presentaban, y aprovecharon las instancias disponibles.
- Los conocimientos y construcción de conocimientos durante la cursada de las materias parece que permite organizar los saberes para cimentar los conocimientos necesarios para el tránsito a lo largo de los planes de estudio, pero es una mirada basada en las experiencias de los que hoy tenemos la responsabilidad de organizar las carreras en base a las vivencias propias y que fueron propuestas en las instancias de acreditación en los varios procesos de evaluación ante CONEAU.
- Ante estas nuevas coyunturas, los estudiantes comenzaron a completar su aprendizaje, mediante recursos bibliográficos complementarios, que en general no estaban utilizando. Este punto es muy trascendente porque se están promoviendo competencias que debemos afianzar con los nuevos estándares de acreditación, correspondientes a introducir la iniciativa del aprendizaje continuo, que seguramente es una modalidad que los futuros profesionales deberán consolidar por la rápida evolución de la ciencia, tecnología y nuevas herramientas del conocimiento. Esta actitud también se notó en comentarios de los estudiantes durante las cursadas en modo virtual, que sin dudas, presenta dificultades frente a las instancias presenciales que se usaron históricamente.
- La pandemia cambió al mundo y sus relaciones, por lo que es necesario tener una visión actualizada, distinta, y generar espacios y propuestas disruptivas hacia un futuro absolutamente distinto!!!

Estos resultados merecen hacer un replanteo del modo en que los alumnos transitan en la construcción de conocimientos. La necesidad de usar los conocimientos previos en las materias siguientes, sin la obligación de seguir un ordenamiento de conceptos, organizados según la experiencia de los docentes, seguramente debe ajustarse a las nuevas generaciones que van resolviendo esa construcción conceptual, bajo la modalidad “*just in time*”, recurriendo a la bibliografía complementaria para avanzar en la carrera.

La propuesta de una modalidad secuencial de contenidos, tiene un valor lógico, pero estos resultados muy llamativos, plantean la necesidad de un profundo análisis tanto de los resultados, como del contexto en que se produjeron. Promover la autogestión de conocimientos es un desafío necesario para garantizar la formación de profesionales aptos para la dinámica que hoy el mundo cambiante exige.

5. CONCLUSIONES.

En la compleja Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, responsable de la formación de estudiantes en 21 carreras, incluyendo 11 carreras de Ingeniería, se hicieron evaluaciones finales sin cumplimentar con los requisitos de aprobación correlativa, en muchos casos aprobadas en sus respectivas resoluciones ministeriales.

Un total de 631 evaluaciones, llevadas a cabo en forma excepcional por condiciones extraordinarias planteadas por la pandemia de Covid-19, tuvieron resultados satisfactorios en un 93,7%.

La evidencia de esta información obliga a re-pensar los regímenes de correlativas que venimos sosteniendo como camino hacia la formación de profesionales.

La exigencia de materia regularizada puede ser un requisito suficiente para el ordenamiento del estudiante a lo largo de su carrera, que contemple la posibilidad de mejor planificación de sus tiempos, intereses, y motivaciones personales.

Es necesario considerar la promoción de la formación continua como pilar de las currícula de carreras, y proponer un régimen de correlativas más laxo, ajustado a la dinámica real de los estudiantes “*centennials*”, que evidentemente son distintos a los estudiantes que veníamos formando.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Lic. Pablo Nacusse en la obtención de información desde la Dirección General Informática de la UNT, a los proyectos de investigación PIUNT E631 y E628 por aportes financieros.

Estrategias y técnicas específicas para el aprendizaje de la ingeniería, implementando el diseño por competencias en un trayecto formativo

Vargas, Esteban Mario Alejandro¹ (1º Autor)*; Aramayo, María Belén² (2º Autor)

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino
Av. Juan Domingo Perón 2085, T4107 Yerba Buena - Tucumán
evargas@unsta.edu.ar,

² Facultad de Ingeniería, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino
Av. Juan Domingo Perón 2085, T4107 Yerba Buena - Tucumán
mbaramayo@unsta.edu.ar

RESUMEN

Este artículo busca exponer la integración de un diseño por competencias en un trayecto formativo como guía estructural dentro de las diferentes estrategias y técnicas didácticas que se deben implementar en la formación de los estudiantes de Ingeniería de UNSTA.

Esta propuesta metodológica tiene en cuenta la estructuración y articulación de los contenidos troncales y complementarios de un trayecto formativo que involucra un conjunto de asignaturas de un plan de estudio estructurado de una carrera, las actividades y cronograma definidos que establecen la implementación de este trayecto formativo en función del perfil de la carrera, y las competencias requeridas, su medición y la obtención de los resultados de aprendizajes con sus niveles y evolución correspondiente.

Palabras Claves: Aprendizaje en Ingeniería. Trayectos Formativos. Diseño por competencias. Estrategias y técnicas didácticas. Resultados de aprendizajes.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

This article seeks to expose the integration of a design by competencies in a training path as a structural guide within the different teaching strategies and techniques that must be implemented in the training of Engineering students at UNSTA.

This methodological proposal takes into account the structuring and articulation of the core and complementary contents of a training path that involves a set of subjects from a structured study plan of a career, the activities and defined schedule that establish the implementation of this training path in function of the career profile, and the required competencies, their measurement and the obtaining of learning results with their levels and corresponding evolution.

Keywords: Learning in Engineering. Training Tracts. Design by competencies. Teaching strategies and techniques. Learning outcomes

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este artículo es plantear las bases de un programa a mediano y largo plazo para el aprendizaje de estudiantes en carreras de ingeniería de la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino (UNSTA), basado en un diseño por competencias de un trayecto formativo profesional, planteado como unidad mínima de experimentación en una carrera específica articulando un conjunto de asignaturas, actividades y elementos metodológicos que se incorporan para tal fin.

El presente trabajo representa una experiencia en curso dentro del período académico 2021 y se encuentra en estadio de experimentación, análisis, control y verificación de cumplimiento de las etapas propuestas y los resultados esperados.

Cabe señalar como antecedente que existe un programa implementado anteriormente que incluye las estrategias y técnicas didácticas (Análisis de casos, Aprendizaje basado en problemas ABP, Aprendizaje orientado a proyectos AOP) que conforman un aprendizaje basado en situaciones reales que no sólo se centra en el estudiante como individuo que aprende, y el docente como facilitador de este aprendizaje, sino que incorpora a la industria y futuros empleadores como colaboradores y tutores en la revisión de las competencias requeridas según el perfil de la carrera. Avanzando en esta línea consideramos que implementar un diseño por competencias es fundamental para lograr la transición en las carreras de ingeniería de un modelo tradicional, con los planes de estudio vigentes, a un modelo que integre los contenidos y prácticas de estos planes con las competencias. Para lograr esto, durante el cursado, se deben incluir diferentes trayectos formativos específicos orientados al desarrollo de competencias con el fin de obtener los resultados de aprendizaje esperados y medirlos adecuadamente.

A partir de los trayectos formativos se introducen elementos metodológicos para obtener currículas académicas flexibles que deben estar integrados a los planes de estudio de las carreras y al perfil profesional de las mismas, el cual debe estar alineado a dar respuestas y soluciones a las demandas de las empresas y de la sociedad.

El documento se organiza con una breve introducción, en el apartado 2 se especifican las bases del programa, en la sección 3 la metodología y etapas, en la sección 4 la aplicación del programa. Finalmente, se especifican algunas conclusiones referidas al estado de avance de este programa y su proyección como programa general a implementar en todas las carreras de la Facultad de Ingeniería.

2. BASES DEL PROGRAMA - MARCO TEÓRICO

La formación por competencias se basa en dos corrientes teóricas de las ciencias de la educación: el cognitivismo y el constructivismo. Se trata de integrar estas dos corrientes a fin de que el estudiante adquiera conocimientos y destrezas a partir de los cuales construya por sí mismo modelos de solución que respondan a las competencias requeridas en el mercado laboral.

El cognitivismo se ocupa de la manera en la que el aprendiz adquiere y aplica los conocimientos y las habilidades. Por lo tanto, propone estrategias de formación susceptibles de favorecer la construcción gradual de los conocimientos en el estudiante tomando en cuenta los elementos afectivos, cognitivos y meta cognitivos de los mismos. El constructivismo sostiene que los nuevos conocimientos se adquieren progresivamente relacionándolos con los conocimientos anteriores. Asimismo, el constructivismo propone fomentar la autonomía y la iniciativa del aprendiz, de presentarle tareas que le signifiquen algo, de favorecer el aprendizaje por medio de la manipulación del material y la interacción con los demás, de apoyar al aprendiz y de guiarlo en su aprendizaje y, finalmente, de poner al aprendiz en acción para llevarlo a construir sus conocimientos, su saber ser y su saber hacer [1].

Constituye un nuevo paradigma y un cambio pedagógico centrado en el aprendizaje del estudiante incluyendo el desarrollo y medición de competencias adquiridas en este aprendizaje.

Cabe señalar que autores como Fernández (2010) y Fernández y Duarte (2013) definen la competencia como una compleja estructura de atributos que determina la manera de actuar de un individuo, a partir de la movilización de habilidades cognitivas para afrontar situaciones de la vida diaria, tanto en lo personal como lo laboral [2] y [3].

Por su parte, Valera (2010) define las competencias como una mezcla entre conocimientos, habilidades, comportamientos y actitudes, y enumera algunas cualidades de un profesional competente: capacidad para apropiarse de conceptos teóricos, habilidad en su desempeño, consciencia de la importancia de realizar bien su labor, ética profesional, destreza creativa e innovadora, autodidacta y capacidad de transferir el conocimiento [4].

Una competencia tiene como atributo ser integradora con un carácter contextual y evolutivo. Supone la integración de una serie de elementos (conocimientos, técnicas, actitudes, procedimientos, valores) que una persona pone en juego en una situación problemática concreta demostrando que es capaz de resolverla.

Como la competencia es un “saber actuar y resolver una situación”, la evaluación de las competencias deberá realizarse en una situación lo más auténtica posible [5], es decir, una situación lo más cercana posible al contexto profesional.

Es necesario definir estrategias que involucren a todos los actores presentes en los modelos de enseñanza tradicional, articulando los nuevos elementos metodológicos que se incorporan con las competencias con la currícula académica, con el desarrollo de actividades integradoras y la evaluación de los resultados que valoren de manera efectiva el aprendizaje logrado.

Se deben desarrollar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Entre las técnicas a incluir se encuentra el desarrollo de prototipos, que facilitan el desarrollo de conocimiento a partir de la experimentación y adaptabilidad que se logra en la construcción de los mismos, la resolución de proyectos y simulación de situaciones reales, entre otros.

Entre los materiales a incorporar se encuentran: libros electrónicos, simulaciones en laboratorios virtuales y aplicaciones específicas de apoyo académico (plataformas con apuntes, bibliografía obligatoria y complementaria con presentación de informes de lectura obligatorios, clases grabadas, trabajos prácticos con vencimientos obligatorios, foros de discusión y debate con participación obligatoria, entre otros).

Se busca implementar un aprendizaje colaborativo que según Wheeler [6], es una propuesta de enseñanza-aprendizaje basada en los conceptos de cooperación, trabajo grupal, comunicación y responsabilidad. El éxito de la tarea depende del éxito individual de cada uno de los miembros del equipo.

En el diseño de este programa se considera fundamental abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje con una perspectiva integradora y motivar el autoaprendizaje continuo y actualización permanente en los estudiantes, estimulando su participación y su motivación.

En este diseño tal como plantean Gallego, L y Aranque, O (2018) podemos distinguir los siguientes elementos metodológicos: el modelo metodológico integrado al Plan Estratégico Institucional (PEI), existencia de recursos suficientes que faciliten el acceso a TICs, desarrollo de prototipos para la experimentación, trabajo colaborativo, creación de conocimiento (estado del arte y referentes), evaluación y socialización de resultados. A estos elementos definen el proceso de validación y las actividades de validación asociadas a los mismos. Las actividades de validación son ponderadas según el nivel de conformidad [7].

La medición de los contenidos y competencias quedará especificada por los resultados del aprendizaje (RA). Considerando las recomendaciones de la Association for Computing Machinery ACM [8], los resultados del aprendizaje capturan los procesos cognitivos que los estudiantes desarrollan durante el trayecto formativo y permiten alcanzar gradualmente las competencias que involucra.

Los resultados del aprendizaje, en lo que respecta al diseño curricular, deben ser específicos, medibles, relevantes y alcanzables en un tiempo acotado. Todo resultado de aprendizaje debe especificar explícitamente las estrategias que van a favorecer el aprendizaje centrado en el estudiante activo y las formas de evaluación con que se medirán los mismos.

3. ETAPAS DEL PROGRAMA – METODOLOGIA

El aprendizaje basado en competencias debe estar articulado con el contexto social, disciplinar y cultural en el que se encuentra inmerso el trayecto formativo profesional. Es por esta razón que los actores que intervienen en este proceso son: estudiantes, docentes y tutores de empresas que requieren el perfil profesional seleccionado. De esta manera se logra reducir la brecha existente entre el ámbito académico y el ámbito profesional integrando las actividades de formación a desarrollar e identificando elementos metodológicos que se incorporan en el diseño por competencias en pos de alcanzar y medir estas competencias requeridas en el mundo laboral.

Consideramos relevante aclarar algunas definiciones que corresponden a los elementos metodológicos que incorporamos:

- Trayecto formativo: un grupo de asignaturas de un plan de estudio de una carrera de ingeniería, integradas y actualizadas en sus contenidos y competencias con prácticas específicas y experiencias formativas adicionales, en un marco de situaciones reales que agregan valor al mismo
- Contenidos específicos: son aquellos contenidos básicos y fundamentales que forman parte principal de la temática en cuestión. Deben ser adecuados al perfil de la carrera.
- Contenidos complementarios: son aquellos que aportan información adicional a los contenidos básicos de la temática en cuestión
- Estrategias y técnicas didácticas: forma de abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje del trayecto formativo a fin de alcanzar los resultados esperados.
- Situaciones reales: procesos o parte de los mismos a ser analizados para la toma de decisiones que requieren el relevamiento in situ dentro de la organización o la empresa seleccionada. Requiere la interpretación y comprensión de las variables involucradas y

necesarias para el proceso decisorio, en contraste con el modelo tradicional de ejercicios planteados en la academia (libros, problemarios, etc.). La identificación de estas situaciones reales es de suma importancia porque ayuda y favorece la interpretación de modelos de la vida real y tabularlos/clasificarlos para luego convertirlos en un modelo matemático que permita implementar las técnicas adecuadas al trayecto formativo.

- Resultados de aprendizaje: “Una declaración de lo que el estudiante se espera que conozca, comprenda y sea capaz de hacer al finalizar un periodo de aprendizaje” (Proceso Bolonia, 1999).
- Competencias específicas: posibilitan la resolución de situaciones problemáticas específicas a partir de conocimientos específicos y de la experiencia en la temática abordada. Están alineadas al alcance y perfiles de las diferentes carreras.
- Competencias genéricas: relacionadas con la formación integral de las personas y se clasifican, a su vez, en instrumentales (aquellas que se emplean como medio o herramienta para obtener un determinado fin), interpersonales (las referidas a las diferentes capacidades que hacen que las personas logren una buena interacción con los demás) y sistémicas (aquellas relacionadas con la comprensión de la totalidad de un sistema o conjunto).

Se establecen dos etapas a cumplimentar. La primera etapa, a la que denominamos etapa de configuración, abarca la definición de la estructura y los elementos metodológicos; y la segunda etapa a la que denominamos etapa de evaluación, se refiere a la valoración y seguimiento de los elementos metodológicos identificados.

Dentro de la etapa de configuración se deben realizar las siguientes acciones: definición de la muestra y del trayecto formativo a implementar y evaluar sobre la muestra; definición de las asignaturas del plan tradicional que integran el mencionado trayecto; extracción de los contenidos troncales y complementarios que se requieren de las asignaturas involucradas; definición de un cronograma y una guía didáctica para implementar el trayecto formativo; identificación de las competencias genéricas y específicas del trayecto formativo; definición de las rúbricas elaboradas en función de las competencias identificadas y de los niveles a alcanzar de las mismas en el trayecto formativo.

Como señalan Tejada Fernández, J. y Ruiz Bueno, C. (2016) la estrategia para definir los instrumentos de evaluación requiere: el establecimiento de las competencias o resultados de aprendizaje de los estudiantes; la identificación de situaciones de aprendizaje (profesionales) relevantes y de su estructura para la evaluación de la competencia profesional; la extracción de los criterios de mérito; la obtención de las evidencias suficientes de competencia (conocimientos, destrezas y actitudes) y los métodos para su recogida de modo que se pueda inferir que el desempeño esperado se ha logrado de manera adecuada (pertinencia, veracidad y vigencia); la fijación de los niveles de logro de las competencias: escalas descriptivas de desempeño [9]

Al establecer las competencias genéricas y específicas, se debe identificar el rango de niveles de las mismas para cada una e integrar estos niveles a una matriz de competencias.

Se debe articular los niveles en el trayecto formativo, establecer los resultados de aprendizaje (RA), generar la matriz de competencias en base a RA en función del trayecto.

En la configuración se deben incluir el tiempo de implementación las estrategias pedagógicas y técnicas didácticas considerando la mejora y evaluación continua del trayecto.

Se considera adecuado integrar todos los elementos metodológicos mencionados en un esquema que se observa en la Tabla 1, en donde se especifican para el trayecto formativo seleccionado los contenidos específicos (CE), los contenidos complementarios (CC), las estrategias de enseñanza aprendizaje que se aplican, las situaciones reales (SR) que se analizan, los resultados de aprendizajes (RA), la rúbricas con las que se valida el trayecto, seleccionando algunas de las competencias genéricas (CG) y algunas de las competencia específica(CS) vinculadas de un modo integrado al trayecto formativo y a la situación real considerada en el estudio (con x a modo de ejemplo se indica esta selección).

Tabla 1 Integración de los elementos metodológicos en un trayecto formativo

Trayecto formativo	Contenidos	Estrategias y técnicas didácticas	Situaciones reales	Resultados de Aprendizajes	Rúbricas de evaluación	CG1	CG2	CS1	CS2
	CE1		SR1	RA1		X		X	
CE2	SR2	RA1	X	X	X	X			
CE3	SR3	RA2	X		X	X			
CC1	SR4	RA3		X	X				

Fuente: elaboración propia

En la etapa de evaluación, las acciones a realizar son: valoración de las rúbricas definidas aplicadas en diferentes instancias del cronograma; recomendaciones y ajustes durante el seguimiento de las valoraciones de las rúbricas; medición de niveles alcanzados en las rúbricas aplicadas para el trayecto formativo; valoración y recomendaciones de los tutores de empresas

Con el objetivo de emitir juicios de calidad útiles tanto para los docentes como para los estudiantes, las rúbricas aparecen como un instrumento fundamental a incluir en este proceso.

Las rúbricas son guías de puntuación usadas en la evaluación del desempeño de los estudiantes que describen las características específicas de un producto, proyecto o tarea en varios niveles de rendimiento, con el fin de clarificar lo que se espera del trabajo del alumno, de valorar su ejecución y de facilitar la proporción de feedback [10] y [11]. Incluyen la observación-evaluación; la autoevaluación, la evaluación de pares, entre otras.

En un modelo orientado al desarrollo de competencias el énfasis está en el “saber hacer” y “hacer”, razón por la cual el estudiante tiene un rol activo y está comprometido con su proceso de aprendizaje. Cada trayecto formativo seleccionará las estrategias pedagógicas que resulten más adecuadas para alcanzar los resultados de aprendizaje comprometidos.

Las estrategias pedagógicas y técnicas didácticas alineadas con este aprendizaje activo son: Aprendizaje basado en el análisis de casos, Aprendizaje basado en la resolución de problemas (ABP), Aprendizaje orientado a proyectos (AOP), Aprendizaje basado en la investigación, Clase invertida, el debate, los juegos, las aplicaciones interactivas, entre otras.

Así, aunque mantengamos un plan estructurado en asignaturas, la implementación de trayectos formativos incluyendo el diseño por competencias permitirá alcanzar los resultados de aprendizajes esperados.

En relación a la selección de la muestra para este programa, se consideró la técnica de muestreo no probabilístico, debido a que los participantes con los que se implementa el mismo fueron seleccionados de forma discrecional dentro de la carrera que involucra el trayecto formativo.

Para establecer la influencia de los elementos metodológicos objeto de estudio en este programa se utilizará, luego de que se avance con la implementación 2021, un enfoque cuantitativo mediante el desarrollo de actividades de valoración de los elementos utilizados.

4. APLICACIÓN DEL PROGRAMA

En la etapa de configuración establecemos las siguientes definiciones y acciones que permitirán identificar los diferentes elementos que incorporamos en este diseño por competencias.

En lo referido a la definición de la muestra, se toma el período académico 2021, alumnos de 4to año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino (UNSTA). Se selecciona este curso porque sobre el mismo ya se vienen aplicando desde el 2018 estrategias y técnicas de aprendizaje basado en proyectos con inclusión de tutores de empresas que aportan actualizaciones, herramientas y situaciones reales que requieren el abordaje en conjunto entre alumnos, docentes y tutores de temáticas específicas.

El trayecto formativo a implementar y evaluar sobre la muestra que tomamos para implementar el diseño planteado es el referido a “Optimización de procesos industriales”.

Este trayecto involucra dos asignaturas del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial: Investigación Operativa y Probabilidad y estadística.

La Investigación Operativa es una disciplina moderna que utiliza modelos matemáticos, estadísticos, y algoritmos para modelar y resolver problemas complejos, determina la solución óptima y mejora la toma de decisiones. Esta materia también recibe el nombre de Investigación de Operaciones, Investigación Operacional o Ciencias de la Administración. (Hillier & Lieberman, 2010).

Como en este trayecto formativo se usan modelos matemáticos y estadísticos se hace necesario integrarla con la asignatura Probabilidad y estadística.

Como los alumnos se encuentran cursando un plan de estudio tradicional, se seleccionan las dos asignaturas mencionadas del plan que integran el trayecto formativo. Se extraen de las mismas los contenidos específicos categorizados y los contenidos complementarios necesarios para el trayecto formativo.

En la Tabla 2 se clasifican los contenidos de las asignaturas mencionadas

Tabla 2- Contenidos del trayecto formativo

Contenidos específicos	Probabilidad y estadística	Investigación Operativa
Principales	La distribución Poisson y el proceso Poisson, Distribución normal. Aplicaciones de la distribución normal, Medidas de tendencia central, de dispersión y de forma. Técnicas del Análisis Exploratorio de Datos	Formulación del Modelo. Identificación de las Variables de Decisión y sus correlaciones con los coeficientes tecnológicos, recursos y contribuciones económicas. Definición de Objetivos. Resolución Gráfica y su interpretación. Método Simplex
Secundarios		Pruebas de una cola y dos colas. El uso de los valores P en la toma de decisiones, Regresión lineal simple. Método de mínimos cuadrados. Coeficiente de correlación, Introducción a los procesos estocásticos. Procesos de Nacimiento y Muerte. Elementos característicos de un proceso de colas. Velocidades

		de arribo y de Servicio. Disciplinas de las colas. Líneas de espera únicas o múltiples. Impaciencia de clientes. Diseños económicos de las Líneas de Espera. Sistemas en cascada. Balance de Líneas de Producción. Aplicación de modelos de colas en la optimización de Sistemas Informáticos: Conexiones en Red, Banco de Datos, Time Sharing, etc. La Suavización Exponencial y la modelización generalizada de un sistema de stock para múltiples productos y demandas aleatorias. Aplicaciones de la Programación Dinámica. Horizontes de Planificación
Contenidos complementarios	Manejo de software estadísticos para información cualitativa y cuantitativa, Pruebas de hipótesis estadística	Utilización de programas específicos Programas de computador para resolver problemas de Programación Lineal

Fuente: elaboración propia

Cabe señalar que distinguir los contenidos específicos a incluir en el trayecto formativo favorece la integración y la transferencia en la práctica.

Adicionalmente definimos una guía didáctica para el trayecto formativo cuya coordinación corresponde a una asignatura del trayecto formativo, en este caso se selecciona para coordinar esta guía didáctica a la asignatura Investigación Operativa.

Se incluye la revisión de los conceptos necesarios para resolver problemas de optimización de procesos, con la inclusión de clases magistrales de temas específicos que se requieren de otras asignaturas, en nuestro caso de Probabilidad y estadística.

Se plantean una serie de situaciones reales que deben resolverse utilizando software de simulación/laboratorio virtual específico para carreras de ingeniería, seleccionando el módulo industrial, sección IO/Optimización.

La riqueza de la implementación de los modelos de optimización industrial usando simuladores radica en la exploración y recopilación de los datos de un proceso industrial obtenidos en una planta industrial real virtualizada donde el alumno asume un rol e interactúa con distintas personas/roles de la empresa saliendo del modelo tradicional del enunciado formal académico al plantear un problema de optimización. El uso de esta herramienta permite al alumno conocer en detalle los recursos disponibles, verlos, dimensionarlos, así como entender in situ la naturaleza de las restricciones (dado por los interlocutores en la simulación). Por otra parte, motiva al alumno a acceder a todas las herramientas complementarias que va seleccionando y descartando durante el recorrido de la simulación, hasta llegar a elaborar el informe de optimización que debe presentar, con una valoración en escala que tiene en cuenta el tiempo de resolución, la interpretación del interlocutor y el uso de las herramientas disponibles, considerando el espacio de soluciones factibles en función del cual se otorga la mayor puntuación cuanto más próximo al óptimo matemático resulte.

Entre las competencias específicas que se requieren para el trayecto formativo en cuestión podemos mencionar: selección del modelo matemático adecuado (identificación de variables de decisión); planteamiento de restricciones, determinación de la función objetivo y la técnica para la solución del modelo; análisis e interpretación de resultados.

Entre las competencias genéricas consideramos: conocimientos básicos y generales, trabajo colaborativo, capacidad de planificación y organización del trabajo, habilidades de comunicación interpersonal, habilidades de gestión, habilidades de investigación, capacidad de abstracción, análisis y síntesis, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, habilidades en el uso de TICs, capacidad para actuar en nuevas situaciones, capacidad creativa, capacidad para tomar decisiones, habilidad para trabajar en forma autónoma, compromiso ético, compromiso con la calidad.

Las rúbricas, como elementos de la evaluación del desempeño de los estudiantes, tendrán la valoración de las competencias planteadas y nivel alcanzando.

Los aspectos que incluirán las mismas en este caso particular serán:

1. Identificación del caso
 - 1.1 Determinación del modelo matemático a utilizar
2. Análisis del caso
 - 2.1 Formulación del problema (para el logro del máximo o mínimo deseado)
 - 2.2 Planteo del modelo matemático (identificación de las variables de decisión)
 - 2.3 Planteo de las restricciones
 - 2.4 Determinación de la función objetivo
 - 2.5 Resolución y ejecución del modelo matemático
3. Determinación de la técnica para la solución del modelo
4. Desarrollo de la solución en la simulación
5. Simulación de datos y obtención de resultados
 - 5.1 Análisis e interpretación de resultados
6. Presentación del informe decisorio (datos)

En la Tabla 3 se muestra la rúbrica que incluye los aspectos mencionados, los criterios de evaluación y la valoración de la misma.

Tabla 3 – Rúbrica de evaluación del trayecto formativo

Aspectos	Ponderación %	Excelente	Satisfactorio	Satisfactorio con recomendaciones	Necesita Mejorar	Puntaje Obtenido (Escala 1-10)	Total Ponderación *puntaje
1. Identificación del caso	10	La información está claramente relacionada con el problema seleccionado y proporciona varias ideas secundarias y/o ejemplos	La información da respuesta al problema seleccionado y 1o 2 ideas secundarias y/o ejemplos	La información da respuesta al problema seleccionado, pero no da detalles y/o ejemplos	La información tiene poco o nada que ver con el problema seleccionado.		
2. Análisis del caso	35	Establece las variables y los recursos principales con seguridad en forma fluida, priorizando adecuadamente las mismas. Plantea modelos de solución diferenciales	Establece las variables y los recursos principales sin seguridad, priorizando adecuadamente e las mismas. Plantea modelos de solución con ayuda	Establece algunas de las variables y los recursos principales con alguna dificultad, le cuesta priorizar adecuadamente las mismas. Maneja con mínima dificultad los modelos de solución	No es capaz de establecer las variables y los recursos principales y le cuesta plantear los modelos de solución		
3. Determinación de la técnica para la solución del modelo	10	Elige la técnica adecuada con fundamento para el modelo planteado.	Elige la técnica adecuada con ayuda para el modelo planteado	No distingue claramente la técnica adecuada para el modelo planteado. Requiere ayuda	Selecciona una técnica inadecuada		
4. Desarrollo de la solución en la simulación	5	Maneja con solvencia la herramienta informática de simulación	Maneja en forma básica suficiente la herramienta informática de simulación	Maneja con ayuda la herramienta informática de simulación	Muestra desconocimiento de la herramienta informática		
5. Simulación de datos y obtención de resultados	15	Maneja con solvencia los datos y los resultados del problema	Maneja en forma básica suficiente los datos y los resultados del problema	Maneja con ayuda los datos y los resultados del problema	Muestra desconocimiento de la herramienta informática no obteniendo datos ni resultados		
6. Presentación del informe decisorio (datos)	25	Presenta con solvencia las variables necesarias para la toma de decisiones	Presenta en forma básica suficiente las variables necesarias para la toma de decisiones	Presenta con ayuda las variables necesarias para la toma de decisiones	No presenta las variables necesarias para la toma de decisiones		

Fuente: elaboración propia

Respecto a los Resultados de Aprendizajes esperados, podemos mencionar:

- Identificar e interpretar las variables de decisión y restricciones
- Elegir el modelo matemático adecuado para la optimización de procesos
- Interpretar los resultados para proponer decisiones de optimización

En las diferentes instancias se aplican las rúbricas correspondientes que permitirán medir el nivel alcanzado de las competencias en función de los Resultados de Aprendizajes.

El trayecto formativo cuya configuración general se describe, se encuentra actualmente en etapa de implementación. Al finalizar el mismo se analizarán los resultados obtenidos por la aplicación de los elementos metodológicos introducidos, análisis de impacto y valoración de los involucrados en todo el proceso. Posteriormente se evaluará el desempeño de estudiantes y graduados en el ámbito socio productivo, y a partir de estos resultados se definirán ajustes y mejoras en el diseño.

5. CONCLUSIONES

El aprendizaje basado en competencias en el ámbito universitario permite formar futuros profesionales capaces de manejar la complejidad de las situaciones en las cuales deberán intervenir. Ésta los prepara además para ser autónomos adoptando una práctica reflexiva en contenidos esenciales y técnicas de resolución de problemas, fomentando la autoformación continua en relación con su inserción laboral.

Resulta necesario pasar de una educación centrada únicamente en contenidos al enfoque por competencias y de una formación memorística y enciclopédica a una educación pertinente y conectada a la realidad del país y del mundo.

La evolución hacia un modelo basado en competencias plantea varios desafíos, requiere la participación y el consenso de diversos actores y requiere flexibilidad para adaptarse a los cambios. La transición de un modelo tradicional a un modelo por competencias debe realizarse y es necesaria, y trabajar con un diseño basado en trayectos formativos profesionales en donde se incluyan y evalúen los diferentes niveles de competencias constituye una alternativa real de implementación a ser adoptada.

Este programa representa una experiencia en curso dentro del período académico 2021 y se encuentra en estadio de experimentación, análisis, control y verificación de cumplimiento de las etapas propuestas y los resultados esperados

Implementar un modelo por competencias en un plan de carrera completo, trabajando con toda la malla curricular, resulta en la práctica de difícil concreción en virtud de la complejidad, extensión y la cantidad de asignaturas que conforman el mismo. La velocidad de los cambios en los requerimientos de competencias por parte de la industria/empleadores junto con el avance tecnológico, requiere trayectos formativos flexibles con un diseño de implementación concreto, factible y medible que es el objetivo de este programa.

Especificar las etapas de configuración y de evaluación en este diseño por competencias de los trayectos formativos constituye la base sobre la cual obtener los resultados de aprendizajes esperados, los cuales son medibles y verificables.

Los instrumentos de evaluación como las rúbricas, establecen criterios de desarrollo y criterios finales, y permiten un diálogo didáctico entre todos los implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje (docentes, alumno, tutores de empresas). Del mismo modo, se pone el énfasis en la importancia de incorporar como enfoque evaluativo la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación compartida, ya que estas estrategias forman parte sustancial del propio aprendizaje basado en competencias.

Se considera adecuado integrar todos los elementos metodológicos mencionados en este programa para cada trayecto formativo seleccionado, estableciendo los contenidos específicos, los contenidos complementarios, las estrategias de enseñanza aprendizaje que se aplican, las situaciones reales que se analizan, los resultados de aprendizajes, la rúbricas con las que se valida el trayecto, seleccionando algunas de las competencias genéricas y algunas de las competencias específicas vinculadas de un modo integrado al trayecto formativo y a la situación real considerada en el estudio. Obteniendo los resultados esperados con este diseño, el próximo paso será implementar gradualmente todos los trayectos formativos que se requieran alineados a los alcances de las diferentes carreras y al perfil de las mismas con la estructuración de este diseño por competencias planteado.

REFERENCIAS

- [1] Lasnier, F. (2000). Réussir la formation par compétences [Lograr una formación por competencias]. *Montréal : Guérin*
- [2] Fernández, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11–34.
- [3] Fernández, F. y Duarte, J. (2013). El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Revista Formación Universitaria*, 6(5), 29–38
- [4] Valera, R. (2010). El proceso de formación del profesional en la educación superior basado en competencias: el desafío de su calidad, en busca de una mayor integralidad de los egresados. *Civilizar*, 10(18), 117–134.
- [5] Lussier, O. et Allaire, H. (2004). L'évaluation « authentique » *Pédagogie collégiale*, 17, (3), 29-30.
- [6] Wheeler, S., P. Yeomans y D. Wheeler, (2008) The good, the bad and the wiki: Evaluating student-generated content for collaborative learning, *British journal of educational technology*, 39(6), 987-995
- [7] Gallego, L., & Araque, O. (2019). Estrategia para la Apropiación de Conocimiento Aplicado a la Formación por Competencias en la Educación Superior. *Formación universitaria*, 12(2), 97-104.

- [8] Recomendaciones Curriculares del ACM para Ciencias de la Computación, 2013
https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/cs2013_web_final.pdf
- [9] Tejada Fernández, J. y Ruiz Bueno, C. (2016). Evaluación de competencias profesionales en Educación Superior: *Retos e implicaciones*. *Educación XX1*, 19(1), 17-38,
- [10] Andrade, H. (2005). Teaching with rubrics. *College Teaching*, 53 (1) 27-30.
- [11] Mertler, C. A. (2001). Designing scoring rubrics for your class-room. *Practical Assessment Research and Evaluation*, 7 (25).

El impacto de la simulación dentro de modelos educativos

Milin, Erica; Quiroga Silvia; Martel Hernan; Flecha Ruben

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
emilin@frba.utn.edu.ar; squiroga@frba.utn.edu.ar; hmartel@frba.utn.edu.ar;
rflecha@frba.utn.edu.ar

RESUMEN

El impacto de plataformas de simulación en la educación tiene un gran valor. Este trabajo expondrá los motivos por los cuales se produce este efecto que expande el conocimiento a través de momentos vivenciales de escala. Durante años las empresas evolucionaron intentando generar experiencias de clientes memorables, y en los últimos años se han instaurado áreas de Experiencia de Clientes, donde la centralidad en el cliente es la razón de ser de muchas compañías, o al menos, eso intentan lograr con infinidad de iniciativas.

Ahora bien, ¿qué tenemos acerca de la experiencia de los alumnos, de crear aprendizajes desde la teoría, por supuesto, pero con el apoyo de instantes experimentales que permitan transitar mediante simuladores, un recorrido profundo sobre conceptos llevados a la práctica en entornos cuasi-reales?

En esta presentación lograremos comprender los efectos mencionados, producto de una vasta fuente de entrevistas y encuestas anónimas donde los propios alumnos, manifiestan el aprendizaje vivencial en simuladores de negocios, donde fueron parte de las decisiones gerenciales, compitiendo por generar mayores utilidades, una verdadera “sana competencia” por el aprendizaje continuo en el proceso de la transformación educativa.

Palabras Claves: Simuladores, Ludificación, Transformación Educativa

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

The impact of simulation platforms on education has great value. This work will expose the reasons for which this effect is produced that expands knowledge through experiential moments of scale. Over the years, companies have evolved in an attempt to generate memorable customer experiences, and in recent years areas of Customer Experience have been established, where customer centrality is the reason for being of many companies, at least, and they are only trying to achieve continuity, of initiatives.

Now, let us have about the experience of the students, to create learning from theory, presumably, but with the support of experimental moments that allow transit through simulators, a deep recourse on concepts taken to the practice in quasi-real environments.

In this presentation we will be able to understand the aforementioned effects, the product of a vast source of interviews and anonymous surveys where the students themselves, demonstrate experiential learning in business simulators, where they were part of the management decisions, competing to generate greater utilities, a true “sana competence” for continuous learning in the process of educational transformation.

Keywords: Simulators, Gamification, Educational Transformation

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo del aprendizaje, todos coinciden en que se enseña a los alumnos con muy pocas diferencias de como se hacía 100 años atrás. Un docente parado enfrente de la clase, un pizarrón, una tiza y un discurso.

Uno de los puntos positivos de la pandemia que estamos transitando, ha sido la necesidad de crear contenidos digitales con el fin de mantener la continuidad de las clases a la distancia. Este ha sido un buen comienzo, que se suma a las plataformas de aprendizaje a distancia y con clases asincrónicas, donde muchas universidades reconocidas ofrecen capacitaciones y certificaciones de las mas variadas, que invitan aún más a la reflexión de cómo se estuvo enseñando a centenares de alumnos en los últimos 200 años.

La motivación en el aprendizaje es un factor primordial para poder avanzar en el desarrollo de las temáticas. Las emociones positivas son una pieza imprescindible para un correcto aprendizaje. Para crear un ambiente adecuado en el que florezcan las emociones positivas es crucial que haya una correcta motivación en los alumnos y en los docentes. En este trabajo se expondrán resultados que se han implementado en diferentes cohortes a lo largo de los últimos 3 años, para motivar a los alumnos a que sigan aprendiendo, pero también damos espacio para que el mayor agente motivador, que es el profesor, cree el entorno adecuado con su buen hacer, con la ayuda de simuladores. Si, simuladores donde los participantes compiten sanamente, crean foros de debates, intercambian conceptos, toman decisiones, y se demuestran aprendizajes permanentemente.

2. PROCESO DE APRENDIZAJE

Al inicio del proceso de aprendizaje, uno de los factores determinantes es el de la atención. Cada individuo es consciente de que toda información que se recibe es seleccionada y es tratada por la percepción, por lo cual todos tenemos memoria solo de la información seleccionada o atendida. La atención es el proceso por el cual registramos los estímulos importantes e ignoramos los estímulos irrelevantes.

Ahora bien, la atención ha sido conceptuada como un atributo de la percepción, gracias a la cual seleccionamos de manera más eficiente la información que nos resulta relevante. Julia García Sevilla [1] indica que el proceso interno de la atención es considerado como propiedad de la percepción y produce dos efectos principales:

1. Que se perciban los objetos con mayor claridad.
2. Que la experiencia perceptiva no se presente de forma desorganizada, sino que, al excluir y seleccionar datos, estos se organicen en términos de figura y fondo.

A fin de poder atender, se convierte en una necesidad imperiosa querer aprender y esto constituye la motivación inicial. De esta manera, se destaca la importancia que tiene la motivación en cualquier modelo de aprendizaje, donde resulta primordial poder gestionar este aspecto de forma estratégica dentro de los contenidos a impartir en clases

A su vez existen tres componentes básicos de la motivación académica, que según Pintrich y De Groot [2] se trata de los siguientes:

1. Componentes de valor: Se refiere a los motivos y razones para la realización de una actividad en donde la persona le asigna un grado de importancia a la actividad y se fijan metas de aprendizaje
2. Componentes de expectativa: Autopercepciones y creencias mediante el cual se da a conocer una crítica individual sobre la capacidad de ejecutar una actividad es decir el mismo individuo mide sus posibilidades para realizarla con éxito
3. Componente afectivo: se relaciona con los sentimientos y emociones que se producen al realizar una actividad, en este caso depende del interés del individuo en participar de la misma

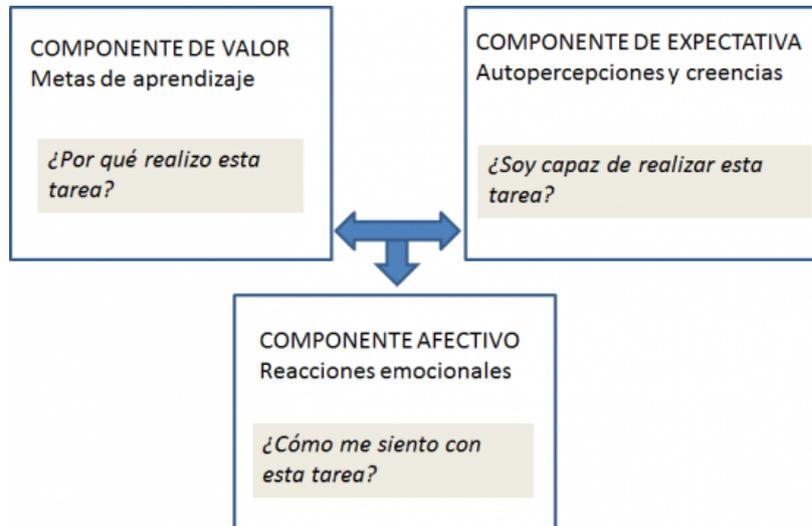


Figura 1. Componentes de la motivación académica

3. LA SIMULACION EN PROCESOS DE APRENDIZAJE

La revolución digital ha llegado a las empresas de un modo más acelerado producto de la Pandemia. Las limitaciones provocadas por la COVID-19 ha generado impactos significativos en el mundo entero y la educación ha sido afectada seriamente. Las universidades tuvieron que reinventar la manera en que se dictaban las clases hasta el ingreso del virus a los países, donde en algunos casos la suspensión de los cursos ha paralizado el desarrollo de las personas.

Ante estas circunstancias, muchos centros académicos han optado por el uso de simuladores para continuar con el dictado de clases, y en muchos casos han descubierto el gran entusiasmo que genera en los alumnos. Según estudios el uso de simuladores educativos complementados con dinámicas de ludificación mejora la retención del aprendizaje hasta en 75% en comparación con el aprendizaje convencional, en donde los alumnos son solo espectadores del conocimiento impartido que solo alcanza el 10% en la retención de los conceptos [3].

Una desventaja que se repite en infinidad de estudiantes, durante su formación profesional, es la falta de oportunidades en los cuales se apliquen de forma práctica los conocimientos adquiridos. Para responder a esta carencia, los simuladores educativos centrados en negocios permiten crear escenarios reales y minimizar el error potencial que ocasione conducir una empresa y llevarla a la quiebra.

La simulación resulta ser una herramienta de enseñanza (mediante plataformas educativas) muy poderosa para ayudar a los profesionales a superarse permanentemente en términos de competencia y los mantiene preparados para alcanzar el éxito.

Hemos desarrollado la experiencia y hemos encuestado en los últimos tres años a todos los alumnos que han participado en las competencias dadas en simuladores de negocio, donde aproximadamente 200 personas ante la pregunta: ¿Qué te pareció la experiencia de aprender mediante un simulador de negocios? Las posibles respuestas a seleccionar podían ser: Muy Buena, Buena, Neutral, Mala o Muy Mala; los resultados fueron los siguientes:

Experiencia en el simulador de negocios

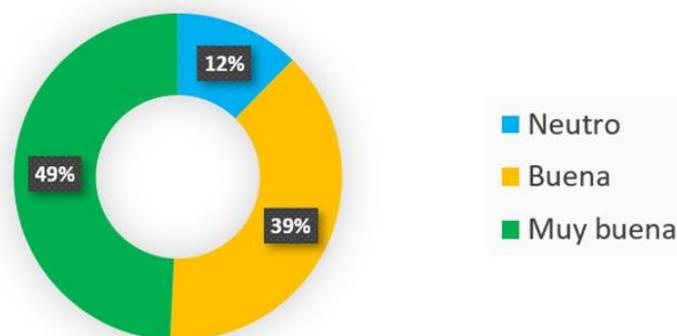


Figura 2. Resultado encuesta del uso de simulador de negocios

4. LA DINAMICA DE SISTEMAS EN MODELOS ECONOMICOS

La dinámica de sistemas es una técnica que permite analizar escenarios y simular su comportamiento, y por sus características intrínsecas permite la construcción de modelos dinámicos, complejos y relacionales, capaces de predecir los comportamientos del modelo, en base a las decisiones que se eligieron para ese modelo construido. La aplicación de esta técnica es muy amplia, y en la ejecución del modelo del simulador de negocios a desarrollar por nuestro equipo, se estarán simulando diferentes contextos de situaciones macroeconómicas y los participantes del juego, serán gerentes de diferentes compañías en un mismo mercado, y deberán generar la mayor cantidad de utilidades a lo largo de varios años de gestión con cambios permanentes en el contexto de la empresa.

El análisis económico pondera el enfoque analítico, (4) aunque tiene como desventaja que el conocimiento pormenorizado del problema puede llevar a perder la visión de conjunto de este. Por otro lado, el enfoque sistémico analiza los fenómenos desde una perspectiva global. Sin embargo, una ventaja de los modelos de simulación dinámica es que permiten utilizar de forma complementaria los enfoques analítico y sistémico haciendo posible considerar algunas particularidades de los fenómenos desde una óptica más general.

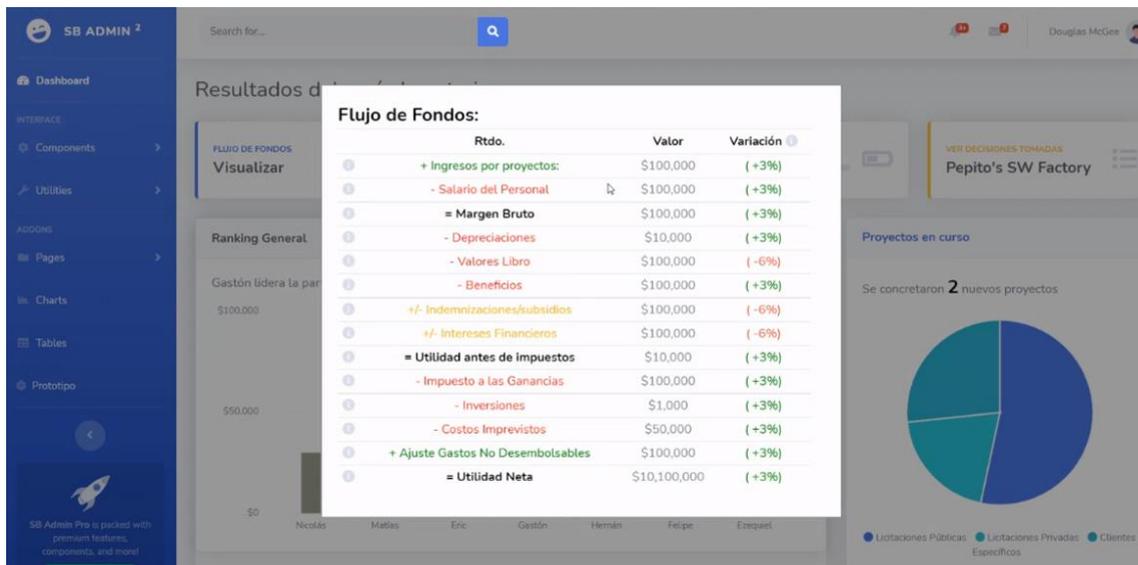


Figura 3 – Pantalla de Software de Simulador de Negocios

En cada período de gestión, los participantes toman decisiones que permitirá que sus empresas generen dividendos, compitiendo unas con otras, período a período.

5. CONCLUSIONES.

La potencialidad del uso de simuladores como plataformas educativas permite que los contenidos no queden solo en los libros y se comuniquen desde los profesores a los alumnos. Sin ser explotados en grandes volúmenes vemos que existe una gran oportunidad de que los alumnos egresen con mayores capacidades a enfrentar el mundo profesional.

Se ha demostrado que la participación constructiva entre los estudiantes permite el aprendizaje por descubrimiento y la recreación de los conocimientos; y presente una mirada integradora de conceptos, logrando el tratamiento interdisciplinario de los temas vistos entre diferentes materias.

En juegos de simulación se puede ayudar a repensar la propia práctica docente, aumentando la posibilidad de ser más creativos a la hora de transmitir conocimientos, y lograr una alta motivación en los alumnos.

4. REFERENCIAS.

- [1] García Sevilla, Julia. (1997). *Psicología de la atención*. 1er. edición. Editorial Síntesis S.A. Madrid, España.
- [2] Pintrich y De Groot, (1990). Motivational and self-regulated learning componentes of classroom performance. *Journal of educational psychology*

- [3] Huang, Rauch y LIAW (2010) Investigating learners attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. En: Computers & Education. Amsterdam.
- [4] Soto, Daza, Martinez (2009) La Modelación Económica.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los organizadores de COINI 2021.

Una propuesta académica para una carrera universitaria en modalidad semi presencial

Carrizo Blanca*; Abet Jorge, Caminos Constanza ⁽¹⁾ Gallegos, María Laura; Cinalli, Marcelo ⁽²⁾ Risetto Miguel ⁽³⁾

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional ⁽¹⁾

GICCAP "Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción"
bcarrizo@frc.utn.edu.ar, jabet@frc.utn.edu.ar, ccamino@frc.utn.edu.ar

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional ⁽²⁾
mgallegos@frsn.utn.edu.ar; cinalli@frsn.utn.edu.ar

Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional ⁽³⁾
mrissetto@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo de campo fue desarrollado e implementado durante la pandemia COVID 19, la cual potenció el proceso de migración de modalidad presencial a virtual de una carrera corta de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), un modelo que puede ser replicado en carreras de grado en forma parcial o total.

Desde ciclo lectivo 2018, se venía trabajando en el diseño de materiales a medida con una imagen institucional homogeneizada basada en la plataforma de Educación Virtual Moodle, cuya personalización y forma de trabajo debió analizarse y llevarse a la práctica con un procedimiento de administración estandarizado que contemple temáticas referidas a seguridad informática y controles cruzados.

Dada la proliferación de canales de comunicación alternativos y que la UTN no garantiza la seguridad de medios de comunicación no oficiales, la carrera adaptó medios que permiten la trazabilidad de los eventos desarrollados por cada usuario:

- Autogestión: canal de comunicación, validado a través del Sistema Académico para dejar mensajes oficiales a los estudiantes.
- Plataforma Moodle: donde se organizan aulas virtuales para cada asignatura, con estrategias y recursos didácticos que motiven la retroalimentación proceso de enseñanza y aprendizaje, planteando mecanismos de seguimiento y evaluación, entre otras.
- Videoconferencia: sistema basado en Zoom donde los docentes pueden crear una cuenta a partir del correo institucional, el cual no tiene límite de tiempo y puede trabajar en forma sincrónica para potenciar la evaluación continua.

En este contexto, el rol del Moodle cambió de perfil, dado que inicialmente se lo implementaba como complemento del dictado de clases presenciales, a transformarse en el actor principal de la nueva etapa educativa virtual.

Esta propuesta pretende analizar buenas prácticas en el proceso de gestión administrativa académica de una carrera presencial migrada a un entorno colaborativo virtual, con la finalidad de plantear una propuesta e-blended para Ingeniería Industrial.

Palabras Claves: Pandemia. Ambientes colaborativos virtuales. Diseño Curricular. E-blended.

ABSTRACT

The present field work was developed and implemented during the COVID-19 pandemic, which boosted its process of migration from face-to-face to virtual modality of a short career of the UTN-FRC, a model that can be replicated, partially or totally, in graduate courses.

Since academic year 2018, we have been working on the design of customized materials with a homogenized institutional image based on the Moodle Virtual Education platform, whose personalization and way of working had to be analyzed and put into practice with a standardized administration procedure, covering topics related to IT security and cross-checks.

Given the proliferation of alternative communication channels and that the UTN does not guarantee the security of unofficial media, the career adapted means that allow the traceability of events developed by each user.

These channels, whose transactions are stored on institutional servers, are:

- Self-management: the communication channel, validated through the Academic System, where you can leave official messages that students are accustomed to reviewing.
- Moodle platform: where virtual classrooms are organized for each subject, with strategies and didactic resources that motivate the feedback process of teaching and learning, proposing mechanisms of monitoring and evaluation, among others.
- Video conferencing: Zoom-based system where teachers can create an account from their institutional mail, which has no time limit and can work synchronously to enhance continuous evaluation.

In this context, the role of Moodle has changed its profile, as it was initially implemented as a complement to the dictation of face-to-face classes, to becoming the main actor of the new virtual educational stage.

This proposal aims to analyze good practices in the process of academic administrative management of a career migrated to a virtual collaborative environment, in order to make an e-blended proposal for Industrial Engineering.

Keywords: Pandemic. Virtual collaborative environments. Curriculum Design. E-blended.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo de campo describe la propuesta de implementación de una oferta académica de asignaturas electivas en modalidad semi presencial a partir de un modelo desarrollado e implementado durante el COVID 19 con la migración de una carrera corta de la UTN-FRC de modalidad presencial a virtual.

La Educación a Distancia (EaD) en América Latina se ha desarrollado bajo un modelo semipresencial que impactó en la diferenciación institucional, el aumento de la cobertura, la incorporación de nuevas prácticas de enseñanza, la regionalización y la creación de comunidades locales de aprendizaje. Esto implicó un cambio profundo en la estructuración de presencia territorial de la Educación Superior, puesto que puso en evidencia la necesidad de desregionalizar y descentralizar la propuesta pedagógica mediante el paso de comunidades locales de aprendizaje a comunidades virtuales. La nueva modalidad permite la reconversión de múltiples áreas vinculadas al proceso de enseñanza aprendizaje:

- La reconfiguración espacial de las sedes;
- El cambio en el rol del docente con un perfil orientado a la figura del tutor y no del docente tradicional (expositivo);
- La articulación comunitaria en el proceso de enseñanza.

Estos elementos evidencian un cambio profundo y de base a la propuesta académica de la Educación Universitaria que por primera vez permite una educación con cobertura universitaria desterritorializada.

En este contexto, la UTN ha logrado en gran medida identificar las necesidades actuales de la EaD. Claro que para hacerle frente debe contemplar distintos fenómenos que la caracterizan en virtud de características puntuales como son: *la masividad, *la infraestructura y *la distancia física de los distintos centros de estudio ubicados federalmente en el territorio nacional. Lo que ha permitido el apoyo a Planes de Desarrollo Institucional de las distintas Facultades Regionales.

La Resolución Ministerial N° 2641/2017 aprueba el documento sobre la opción pedagógica y didáctica de Educación a Distancia (EaD) y establece un mecanismo de evaluación del Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED) [1] que debe ser evaluado en las Instituciones que deciden dictar carreras bajo esta modalidad; y facilitando la aprobación de normativa por parte del Consejo Superior, constituida por la Ordenanza N° 1133 del 15 de marzo de 2007 brinda "Lineamientos para el Desarrollo de Programas y Carreras con Modalidad de Educación a Distancia en la U.T.N." y hasta la Ordenanza N° 1637 del 28 de Junio del 2018, que aprueba el Reglamento del Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED) de la UTN. [2]

La educación a distancias EaD está mediada por la tecnología y es una de las estrategias que ha permitido dar respuesta al entorno altamente cambiante de un mundo globalizado. Mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han extendido los campus universitarios a través del ciberespacio. De este modo la Universidad puede romper las barreras de la sincronidad, al mismo tiempo que expandir límites geográficos que establecen sus espacios físicos, para alcanzar a muy amplias capas de la población en un ejercicio altamente democrático.

Con el desarrollo de la Internet, este fenómeno se ha potenciado y abre nuevas expectativas que trae nuevos retos y nuevas formas de hacer educación, conservando los mismos principios y atendiendo, fundamentalmente, a los mismos propósitos.

La nueva sociedad del conocimiento requiere de cambios profundos en los paradigmas de enseñanza de las Universidades para acercarse a una organización de servicios múltiples alrededor de la formación y la actualización en la ciencia, la tecnología, las humanidades y las artes. A la manera de una organización flexible y dinámica que sea capaz de constituirse y reconstituirse a sí misma en un ejercicio permanente de aprendizaje.

2. MARCO CONCEPTUAL

Los actuales estudiantes son usuarios habituales sin formación didáctica en las distintas tecnologías digitales (videojuegos, Internet, redes sociales, televisión digital, móviles, cámaras, entre otras).

Las instituciones educativas deben alfabetizar y desarrollar las distintas competencias y habilidades de uso de los medios y tecnologías de la información y la comunicación, de forma que se los prepare para el futuro.[3] Esta situación cambiante hace necesario que se haga un esfuerzo en pensar en rediseñar las currículas en las Universidades. [4]

El eje principal debe estar en la creación de un escenario virtual complementario al presencial para estimular la interacción en la docencia dentro del aula [5], integrando contenidos multimedia, prácticas innovadoras y recursos cuantitativos y cualitativos dentro del proceso formativo en la ingeniería industrial. [6]

En este contexto, el análisis de Khan [7] referido a la implementación de los cursos en línea desde ocho dimensiones. [8]

Este análisis es muy gráfico y ayuda a comprender este proceso a armonizar desde distintas ópticas:

- Institucional: comprende aspectos administrativos, académicos y de servicios hacia los estudiantes, hace a la organización de cómo se difunde, implementa y asume las posibles innovaciones en los nuevos cursos.
- Gestión: referida a procesos subyacentes como contar con profesores capacitados para el desarrollo de este tipo de cursos. Esta ventaja servirá para poder brindar un acompañamiento en la elaboración de materiales educativos en los entornos virtuales tratando de propiciar la implementación de Ambientes Virtuales de Aprendizaje.
- Tecnológica: referida a la infraestructura hardware, software, servidor dedicado a EaD y comunicaciones (Wifi).
- Pedagógica: abarca las cuestiones de enseñanza y aprendizaje e incluye componentes como objetivos, diseño, organización y estrategias de aprendizaje.
- Social: considera aspectos referidos a quien va dirigido el programa, la existencia de la brecha digital y la influencia social y política.
- Diseño de la interfaz: se refiere a la facilidad o “amigabilidad” que presenta la interfaz e incluye facilidad de navegación y usabilidad, etc.
- Apoyos o soportabilidad online: referidos a los recursos que requieren los estudiantes para el desarrollo de los cursos en línea.
- Evaluación: incluye la evaluación formativa y sumativa, no solo de parte de los estudiantes sino de la propia instrucción.

Es necesario destacar que, la instancia de evaluación es un capítulo en si mismo y que aquí solo tratamos la evaluación de los aprendizajes como un componente del proceso educativo, a través del cual se observa, recoge y analiza información significativa, respecto de las posibilidades, necesidades y logros de los estudiantes. Con la finalidad de reflexionar, emitir juicios de valor y tomar decisiones pertinentes y oportunas para el mejoramiento de sus aprendizajes y desarrollo de competencias con el aporte de medios tecnológicos para enriquecer el proceso de enseñanza. [9]

3. DESARROLLO

3.1 Caso de análisis: Tecnicatura Universitaria en Programación (TUP)

En 2020 ante la situación de pandemia por COVID-19, todas las carreras debieron adaptarse a dictar sus asignaturas en formato virtual, con más nivel de organización unas de otras, con herramientas institucionales, materiales de cátedra y/o videos de clases grabados.

En este contexto, el proyecto TUP cuyo objetivo en 2019 era migrar la carrera de modalidad presencial a semipresencial, fue acelerado para presentar la propuesta en modalidad virtual.

Para tal fin, se readaptó el sitio institucional de la carrera, renombrándose como uvs.frc.utn.edu.ar y luego redefinió su imagen institucional adaptando el formato juvenil de la Secretaría de Extensión Universitaria, en respuesta al perfil de cliente de la carrera.

Cabe aclarar que, en la FRC el Moodle tiene asignado un servidor dedicado que concentra los ambientes colaborativos virtuales de los tres segmentos de carreras: pregrado, grado y posgrado.

En la segmentación pregrado, TUP tiene diseñado un espacio destinado al desarrollo e integración de materiales y estrategias didácticas para ambientes virtuales y una administración centralizada para la carga de los contenidos y parametrizado de forma tal que se permita una sistematización y uniformidad en la presentación visual para el estudiante. Ver figuras 1, 2, 3 y 4 a continuación. [10]



Figura 1. Página principal de TUP



Figura 2. Información general de TUP



Figura 3. Vista de Asignaturas que se dictan en el cuatrimestre



Figura 4. Información General de una Asignatura en TUP

Cada asignatura tiene un módulo de “Información del Curso”, con la siguiente estructura:

- Video Presentación
- Pre requisitos y Fundamentación
- Objetivos y competencias
- Estructura Temática
- Planificación General
- Bibliografía

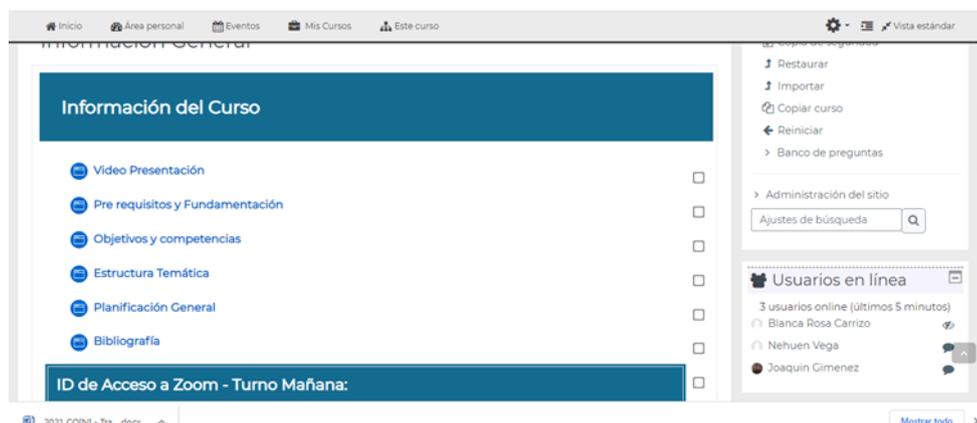


Figura 5. Presentación del contenido de TUP

El ítem “Estructura Temática” sigue una estructura por temas, que se corresponde con la estructura de contenidos de cada asignatura, donde al final del módulo se encuentra del área de evaluación de parciales y finales el cohorte vigente.

En esta organización interna, donde las funciones que antes desempeñaba un docente de la enseñanza convencional en forma individual; hoy se requiere un grupo de personas, que conforman un equipo de trabajo, en el cual surgen nuevos perfiles laborales como:

- Especialistas en Contenido: docente a cargo de la asignatura, el cual define los conocimientos que se enseñarán, su enfoque, su alcance, etc.
- Especialistas en producción de materiales pedagógicos que intervienen para garantizar una buena propuesta de enseñanza que favorezca aprendizajes genuinos y garantice la comprensión del mensaje. Define los recursos multimediales para cada instancia, planificando y coordinando acciones docentes; ajustando detalles referidas a texto y adecuaciones a partir de criterios y normativa lingüística vigente (normas APA).
- Diseñadores gráficos y tecnológicos: quienes definen la imagen al proyecto que le dará identidad y facilitan la comprensión del mensaje a nivel visual y tecnológico.
- Especialistas en audiovisuales: participan en la producción de videos, animaciones y otros recursos audiovisuales.
- Correctores de Estilo: especialistas que se ocupan de la corrección en términos gramaticales y lingüísticos, de relevancia en el ámbito académico.
- Community Manager: perfil encargado de gestionar y administrar la comunidad en línea de una carrera, crear y mantener conexiones con clientes y usuarios que quieran la marca (TUP) en Internet.

Lo ideal sería que estos perfiles integraran una estructura de un área de servicios que brinde asesoría a todas las carreras y no a una en especial, para poder mantener la homogeneizar a nivel organización interna y la imagen institucional externa.

3.2 Propuesta académica para Ingeniería Industrial

Se pretende realizar una análisis de factibilidad técnico, económico y operativo de la carrera Ingeniería Industrial para migrarla a modalidad e-blended bajo la normativa vigente del SIED a nivel general y a nivel particular con las asignaturas electivas como prueba piloto.

En este contexto, se analizó la factibilidad de desarrollar una propuesta e-blended electiva por regional, con un contenido significativo adecuado al perfil de la región y que pueda ser compartido por el resto de la Regionales donde se dicta Ingeniería Industrial (quince en total), con la finalidad de compartir espacios interdisciplinarios que enriquezcan el feedback interfacultades.

Para ello, se pretende transitar las siguientes fases:

- Realizar un análisis y selección basada en el diseño curricular de cada regional, favorecidos por la implementación de la Ord. 1627 de la UTN.
- Identificar y determinar contenidos de la asignatura electiva en función del perfil de la región o provincia.
- Diseñar un sistema mixto basado en aulas híbridas que faciliten el dictado simultáneo on line (vía zoom) y presencial en aula física de la facultad.

Cabe aclarar que, se concibe este diseño inter-regional de electivas en el servidor de Rectorado, donde se organice un área especial que comparta todas las electivas de cada regional, consensuando una estructura interna estándar.

4. CONCLUSIONES

Cada unidad académica será la encargada realizar la propuesta formativa de acuerdo con los lineamientos que se establezca en el consorcio de materia electivas y definir los criterios disciplinares y pedagógicos generales que garanticen la calidad de la oferta académica.

Para enriquecer la propuesta se trabajará en equipos interdisciplinarios potenciando la sinergia de las regionales: para evaluar la factibilidad técnica económica y operativa de desarrollar propuestas electivas virtuales con la finalidad de desarrollar un sitio institucional para la implementación de la propuesta en un ambiente de prueba que permita hacer un testeo o pruebas de cada asignatura.

En este contexto, la "información" se ha convertido en una materia prima de primer orden que se elabora, se transforma y se comercializa como cualquier otro producto manufacturado.

En esta Sociedad de la información, las "nuevas tecnologías", presentan efectos y alcances que no sólo se sitúan en el terreno de la información y comunicación, sino que lo sobrepasan para llegar a provocar cambios en la estructura social, económica, laboral, jurídica y política.

Una persona está alfabetizada informáticamente cuando sus saberes le procuran una cierta autonomía; cuando es capaz de operar en forma integrada e inteligente con las computadoras de su entorno, cuando puede representarse situaciones concretas, tomar decisiones razonables y racionales frente a una serie de situaciones problemáticas y negociar sus decisiones frente a las presiones naturales y sociales.

En esta instancia, es necesario formular políticas que democratizen el acceso al equipamiento y a la conectividad y, por otra parte, planificar acciones educativas que favorezcan la interpretación y decodificación de los sistemas simbólicos movilizados por el medio y ser capaces de captar la información e interpretar de forma más coherente los mensajes transmitidos.

Hoy se presenta una oportunidad inédita para la pedagogía universitaria para propiciar los aprendizajes de los futuros profesionales: por primera vez en la historia, contamos con un soporte para volcar información en el que el texto, sonido, imagen estática y cinética encuentran con igual facilidad su lugar; todo “se disuelve” en el mismo código, el código digital.

5. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Educación y Deportes (2017) Resolución 2641/2017 Documento sobre la Opción Pedagógica y Didáctica de Educación a Distancia. Buenos Aires, Argentina.
- [2] Universidad Tecnológica Nacional Resolución Junio 2018 del Consejo Superior. Lineamientos del Sistema Institucional de Educación a Distancia de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de: <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/buscador.php3>
- [3] Scielo. Transformación, ISSN: 2077-2955, RNPS: 2098, mayo-agosto 2020, 17 (2), 402-416. Recomendaciones para el diseño de cursos virtuales en las modalidades semipresencial y a distancia utilizando la plataforma Moodle
- [4] Marinsalta, M. y M. Delauro (2010). “El aula virtual como entorno de apoyo dentro en de las clases presenciales”. Grupo de Estudio en Informática Educativa. Facultad Regional Bahía Blanca – Universidad Tecnológica Nacional. En Actas del V Seminario Internacional Rueda 2010. Tandil.
- [5] Ozollo, F (2011) La influencia de los entornos virtuales de aprendizaje en la construcción de conocimiento de los docentes universitarios del área de Educación a Distancia e Innovación Educativa de la Universidad Nacional de Cuyo. Tesis doctoral, Universidad de Jaén, en España.
- [6] Salinas, J. (2004), “Innovación Docente y uso de las TICs en la enseñanza universitaria”. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, RUSC, ISSN 1698-580X, Vol. 1, Nº. 1, 2004
- [7] Khan, B. H. (2005). Gestión de e-learning: diseño, suministro, implementación y evaluación. Editorial Ciencias de la información.
- [8] Carrizo Blanca, Abet Jorge, Cova Walter (2019) Análisis de modelos organizaciones para la educación Superior en Modalidad Virgual, Anales del XII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial (XII COINI).
- [9] Maggio, M. (2012), Enriquecer la Enseñanza. Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad. (1ed. ed., Vol. 1ed.). Buenos Aires, Paidós.
- [10] Aula de Tecnicatura Universitaria en Programación (TUP) (2019). Recuperado 30/08/2021. Link: <https://uvs.frc.utn.edu.ar/my/index.php>

Área G



Industrias 4.0,
Ciencia de
Datos, Internet
de las Cosas
Industriales y
Economía del
Conocimiento

Título del Trabajo	Código
<u>Industria 4.0: Cambios en el control del trabajo en las organizaciones.</u>	CO21-G03
<u>Modelos de madurez e implementación en industria 4.0 análisis de alternativas y nivel de implementación.</u>	CO21-G04
<u>Abordaje al paradigma Industria 4.0 a partir de la disponibilidad de información para la toma de decisiones, el caso de utilización de dashboards en una empresa farmacéutica</u>	CO21-G06
<u>Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires</u>	CO21-G07
<u>La capacitación como estrategia de inserción en la economía del conocimiento</u>	CO21-G09
<u>Modelo Internacional Online de Industria 4.0 para el Desarrollo Productivo de las PyMES: Caso de Estudio Argentina-México</u>	CO21-G10
<u>Técnica de 'Least Mean Squares' aplicado a 'Power Line Communication' para monitorear un aerogenerador ubicado en una zona remota con clima severo de la Patagonia Austral.</u>	CO21-G11
<u>Herramienta de Evaluación de TICs para determinar el nivel de desarrollo tecnológico en la Industria</u>	CO21-G16
<u>Comparación y análisis de las propiedades mecánicas y dimensionales de piezas poliméricas conformadas por FDM y moldeo por inyección para la generación de un protocolo de impresión para la obtención de resultados homogéneos</u>	CO21-E17

Industria 4.0: Cambios en el control del trabajo en las organizaciones.

Gómez, Carlos*; Meretta, Javier*; Peralta, Camila*

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás
Colón 332. San Nicolás.

cegomez@frsn.utn.edu.ar - jmeretta@frsn.utn.edu.ar - CAMperalta@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo describe como han cambiado las formas de control del trabajo en las organizaciones desde el inicio de la industrialización, y sus nuevas posibles formas a partir de la aparición de la denominada Industria 4.0 y el predominio de los algoritmos y la denominada Inteligencia Artificial. Desde las formas más intrusivas de control mediante supervisión humana hasta los mecanismos más indirectos y culturales, actualmente estamos enfrentados a un proceso más complejo de control algorítmico con consecuencias no demasiado claras en términos de opacidad y pertinencia del control.

Palabras Claves: Industria 4.0 – Control del trabajo - Algoritmos

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

This work describes how the forms of work control in organizations have changed since the beginning of industrialization, and their new possible forms from the appearance of the so-called Industry 4.0 and the predominance of algorithms and the so-called Intelligence Artificial. From the most intrusive forms of control through human supervision to the most indirect and cultural mechanisms, we are currently faced with a more complex process of algorithmic control with consequences that are not too clear in terms of opacity and relevance of control.

Keywords: Industry 4.0 – Work control - Algorithms

1. INTRODUCCIÓN

En El término industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información. También es habitual referirse a este concepto con términos como "Fábrica Inteligente" o "Internet industrial". En definitiva, se trata de la aplicación a la industria del modelo "Internet de las cosas" (IoT). Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encuentran en un proceso de transformación digital, una "revolución industrial" producida por el avance de las tecnologías de la información y, particularmente, de la informática y el software.

La incorporación de tecnología en los procesos productivos se ha venido acrecentando desde la Primera Revolución Industrial a fines del Siglo XVIII. Los avances tecnológicos son, de hecho, los que han posibilitado casi sin excepciones el despegue de las etapas de crecimiento en los países que hoy son considerados industrializados y/o desarrollados. La tecnología fue y continúa siendo el factor dinamizante que propicia los grandes saltos de productividad en todos los sectores de la economía.

En la actualidad, y desde hace ya más de una década, la denominada "Cuarta Revolución Industrial", vinculada al uso intensivo de novedosas tecnologías -que se apoyan en las ya existentes tecnologías de la información y comunicación (TIC)-, sorprende por su velocidad, masificación y, sobre todo, por sus aún inciertos impactos. Ante este escenario todo hace suponer que estaríamos ante una reconfiguración económica que podría suscitar contrariedades duraderas para un conjunto no menor de la población mundial.

Términos como "Cuarta Revolución Industrial" o "Industria 4.0" comienzan a impregnar el lenguaje colectivo vinculándolo al uso con fines productivos en robótica avanzada autónoma (robots). Sin embargo, la increíble y acelerada extensión en el uso de estas novedosas tecnologías aplicadas a la industria se debe a que no solo se trata de la incorporación de la robótica sino de una gama de tecnologías y avances que abarcan e impactan sobre amplios espectros de las etapas productivas y reconfiguran también las relaciones laborales dentro de las organizaciones productivas en general y específicamente el control del trabajo y de las personas en el mismo (Entre estas podemos mencionar inteligencia artificial, internet de las cosas, computación en la nube, análisis de big data, impresión 3D, sensores inteligentes, etc.)

La incorporación de la industria 4.0 representa, sin dudas, un desafío para todos los estratos de la producción y para la gestión de las organizaciones. Es muy probable que en este nuevo momento histórico nos enfrentemos a una disrupción en los modos de producción y se plantearan nuevos interrogantes que nos permitirán comprender con más claridad las implicancias, alcances y posibles consecuencias sociales y culturales que impactaran en nuestra vida. El proceso ya ha comenzado y está ocurriendo en este preciso momento. Por caso, las empresas que utilizan inteligencia artificial como parte de su proceso de producción han desarrollado tareas que incluyen entrenadores de sistemas inteligentes, comunicadores de tecnología que esclarecen las salidas de dichos sistemas y verificadores para monitorear su rendimiento y el cumplimiento de estándares éticos predeterminados. A esto debe sumarse la disponibilidad de aplicaciones inteligentes para educación y atención médica, que requerirían nuevas tareas relacionadas con la evaluación, diseño e implementación de programas individualizados.

2. LOS ALGORITMOS Y EL CONTROL SOBRE EL TRABAJO

El término industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información. También es habitual referirse a este concepto con términos como "Fábrica Inteligente" o "Internet industrial". Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encuentran en un proceso de transformación digital, una "revolución industrial" producida por el avance de las tecnologías de la información y, particularmente, de la informática y el software. Aunque aún son incipientes los interrogantes y desafíos que estas tecnologías plantean en las relaciones laborales actuales, este trabajo pretende aportar algunas consideraciones sobre el control del trabajo tomando como referencias algunos estudios recientes sobre control algorítmico y algunas evidencias empíricas sobre actividades vinculadas a sectores productivos en los que se hacen más evidentes las consecuencias de la utilización de algoritmos.

Corrientes académicas de las disciplinas más diversas y de campos supuestamente dispares como la sociología, la comunicación, los estudios jurídicos y lógicamente de las ciencias de la computación (Pasquale, 2015; Danaher et al., 2017) están discutiendo activamente las implicaciones sociales de la utilización de algoritmos en las actividades productivas y de servicios y sus implicaciones en términos de vigilancia e incriminación, y como los algoritmos pueden redefinir las relaciones de control y poder entre empleadores y trabajadores. Relación que ha tenido mutaciones importantes a través del tiempo, ya que fueron diversas las formas que el control en las

organizaciones se hizo efectivo mediante distintas prácticas de “management”, entrelazadas y reforzadas con sus consecuentes retóricas que favorecieron su expansión y legitimación, con procesos dispares de institucionalización en diferentes ámbitos tanto públicos como privados.

El concepto de trabajo (Flynn, 2011:19), como práctica a ser manipulada para incrementar su eficiencia, se origina durante la era industrial en Europa. La división del trabajo se vuelve habitual y prerequisite básico para la eficiencia de los trabajadores. La era industrial (1750-1900) fue un tiempo caracterizado por el desplazamiento del trabajo manual por el trabajo mecanizado y la creación de las grandes factorías que eclipsaron de manera relevante el trabajo agrario y la agricultura como fuente de ingresos, promoviendo la expansión del capitalismo industrial y como consecuencia el reforzamiento de formas jerárquicas de organización y supervisión.

Brevemente podríamos distinguir dos etapas del control organizacional con características y retóricas suficientemente específicas para atribuirles características distintivas orientadas a fines similares, fundamentalmente en los Estados Unidos, pero que se terminaron expandiendo como ideologías o “mentalidades empresariales” (Guillen, 1994) en un ideario global del “management” industrial en todo el mundo desarrollado y también en el capitalismo “periférico”. Barley y Kunda (1992) desde una perspectiva histórica y evolutiva nos explican como diferentes ciclos alternativos, en distintos periodos de tiempo, alternaron formas de control racional y directo en el trabajo, con mecanismos más normativo y sofisticados. La primera de ellas, como anticipamos en el párrafo anterior, es la que pone énfasis en el control racional, derivada de la administración científica y de los sistemas mecánico racionales del control del trabajo, cuyo argumento principal es que la productividad aumenta utilizando cuidadosos métodos articulados de planificación y control.

Las organizaciones asimiladas a maquinarias podrían ser analizadas en sus componentes, modificadas y reensambladas. Los empleados asumirían una lógica calculativa con una orientación instrumental al trabajo, por lo tanto, podrían percibir positivamente el control.

En contraposición al control racional más intrusivo aparecen etapas en que predominan mecanismos de control normativo, que se comienzan a esbozar en su máximo esplendor algo antes de los años ochenta, y se hacen más explícitos y evidentes en todos los discursos retóricos vinculadas al paradigma de la cultura corporativa. Cuya pretensión es fundamentalmente “deconstruir” el control taylorista y reemplazarlo por un control no intrusivo más acorde con la una retórica “colectivista” de las organizaciones. Mediante el fomento, a través de dispositivos específicos, de una especie de “autoridad moral” identificada con el liderazgo, que intenta dejar de lado o limitar el rígido control jerárquico y reemplazarlo por un control guiado por la cultura, la motivación y la movilización identitaria de las personas dentro de las organizaciones, fomentando la participación y la búsqueda de “líderes” leales a las empresas (Du Gay, 2019).

Estas diferencias, que describimos anteriormente en términos de ciclos de control, no hacen más que más asimilar el control organizacional a un “territorio en disputa” (Edwards, 1979) o disputas de sentido de diferentes lógicas de acción colectiva por el control organizacional, que nunca son automáticas, sino consecuencia o síntesis de lógicas en conflicto entre el control, la resistencia, y la cooperación, lógicas no necesariamente consistentes y unívocas de actores racionales, suelen ser mezclas concretas de razones prácticas que cambian con la coyuntura histórica (Alonso, 2007).

Dentro de esta perspectiva de disputa que propone Edwards podemos considerar que el control mediante algoritmos podría suponer un nuevo condicionamiento y una fuerza instrumental importante que permitiría reconfigurar la relación entre empleador y trabajador con nuevas/viejas formas de ejercicio del control y poder. Desde diversas disciplinas nos están anticipando información que nos ayudan a comprender mejor los mecanismos de control. Tanto desde las ciencias de la información, por parte de los analistas dedicados al estudio de la interacción entre las personas y las computadoras, la sociología del trabajo y las organizaciones, y crecientemente desde el punto de vista legal-laboral se comienzan a hacer evidentes las implicaciones sociales de los algoritmos, en términos de vigilancia y posibilidades de incriminación sobre los trabajadores en distintos tipos de organizaciones y trabajos.

3. LOS ALGORITMOS COMO NUEVO MECANISMOS EMERGENTES DE CONTROL

Este trabajo intentara describir y explicar las mutaciones más recientes del control del trabajo en las organizaciones mediante la utilización de sistemas de “supervisión” de racionalidad algorítmica. Para explicar el control mediante algoritmos utilizaremos la tipología desarrollada ya hace algunos años por Edwards (1982), que ha sido útil para describir los clásicos mecanismos racionales o burocráticos de control, y podría ser perfectamente aplicable para una reflexión adicional en los estudios emergentes sobre control algorítmico del trabajo en las organizaciones, mediante tres tipos de intervenciones:

- a) Dirección (restricciones /recomendaciones)
- b) Evaluación (registros /calificaciones o ratings)
- c) Disciplina (reemplazos o despidos/recompensas)

Edwards afirmaba que los empleadores para obtener el comportamiento deseado de los trabajadores utilizaban de forma combinada los tres mecanismos de control antes señalados: dirección, evaluación, y disciplina.

La Dirección implica la especificación de qué debe realizarse, en qué orden, momento y período y con qué grado de precisión. Evaluación implica la revisión de la tarea de los trabajadores para corregir errores, evaluar el desempeño, e identificar consecuentemente aquellos que no se está desempeñando adecuadamente. Finalmente, siguiendo la tipología, la Disciplina implica el castigo y la recompensa de los trabajadores con el fin de obtener la cooperación y hacer cumplir los objetivos de dirección laboral sobre el proceso de trabajo.

Siguiendo la lógica de la tipología de Edwards las organizaciones impulsan la Dirección estableciendo tareas específicas, a un ritmo determinado previamente mediante instrucciones. Evalúan a través de registros de las frecuencias de las tareas que realizan y su productividad, precisión y duración, e imponen Disciplina manteniendo latente la disponibilidad de reemplazo de los trabajadores recurriendo al tradicional “ejército de mano de obra disponible” como bien señalaran los autores clásicos de tradición marxista, y de estudios del trabajo y el conflicto en el capitalismo industrial.

El enfoque de Edwards también enfatiza lo inevitable de las tácticas de resistencia que los trabajadores desarrollan para defender su autonomía ante el endurecimiento del control. En lugar de que los sistemas de control se desarrollen y consoliden como prácticas sistemáticas de poder total insalvables, los trabajadores en función también de su contexto tienen la capacidad de resistir y limitar, en consecuencia, potencialmente remodelar y quizá reconducir las relaciones de producción y control para obtener mejores márgenes de acción y participación. Los sistemas clásicos de control racional (técnico o burocrático), históricamente se han ubicado más en lo físico y en los aspectos tecnológicos de la producción tal como lo han descritos diversos autores (Braverman, 1994), mientras que el control burocrático se ha basado sobre reglas y roles estandarizados para guiar al trabajador y condicionar sus comportamientos (Blau, 1974). Obviamente estos sistemas de control no son excluyentes entre sí, deben verse como tipos ideales ya que se superponen en la práctica y pueden aparecer como formas híbridas, probablemente sea quizá más pertinente de hablar de control organizacional en estos casos, ya que es un control que se ejerce a través de tecnologías de organización, que suplantando sin eliminar necesariamente el papel tradicional de la supervisión humana clásica en el trabajo.

Es ya un hecho que desde hace ya varios años las organizaciones han comenzado a utilizar algoritmos, en particular “minería de datos” y algoritmos de aprendizaje automático, dependientes de los llamados “big data” caracterizados por su volumen, variedad y velocidad. Si nos enfocamos en estas “tecnologías algorítmicas” y su influencia concreta sobre el trabajo, podríamos afirmar que, en relación a los mecanismos de control técnico, burocrático, o normativo, estas tecnologías superan con amplitud las posibilidades y alcance del control organizacional e imponen nuevas servidumbres sobre los procesos de trabajo en diversos aspectos. Son fundamentalmente más abarcativas, instantáneas, interactivas, y opacas (Kellog et al, 2020:370) que todos los anteriores mecanismos o tecnologías de control tradicional sobre el trabajo que hemos conocido anteriormente, sus características distintivas son las siguientes:

Abarcativas: Por la utilización de cámaras, sensores, consejos de audio, que hacen posible controlar y grabar los movimientos del cuerpo y las conversaciones para determinar el grado de sujeción del trabajador a las rutinas de trabajo, recabando una variedad de datos biométricos, de aceleración, mensajes de texto, y capturas online.

Instantáneas: Por la posibilidad de acceder, guardar, y comunicar en tiempo real información sobre el desempeño del trabajador, sean comentarios de clientes, número de páginas visitadas o vistas, ratios, etc., por lo tanto, las mediciones del desempeño en tiempo real que permiten otorgar un “feedback” y una posibilidad de valoración continuada sobre el proceso de producción.

Interactivas: Los algoritmos pueden promover la interactividad especialmente cuando son usados en conjunto con plataformas mediadas por algoritmos que proveen información de múltiples partes y permiten a través de plataformas por computación “detrás de escena” acceder a diferentes niveles de personas en distintas locaciones en tiempo real.

Opacas: Se sustenta en tres razones principales, el secretismo intencional (protegido) por parte de las organizaciones que las utilizan, los requerimientos técnicos de conocimiento necesarios (technical literacy) para comprender “de que se trata” por parte de los empleados y usuarios, y la opacidad propia de los sistemas de aprendizaje de máquinas. Por lo tanto, la información y los algoritmos utilizados para recolectar y analizar comportamientos suelen estar protegidos. Los propios trabajadores, no necesariamente dependiendo de su cualificación, no comprenden totalmente la clase de datos que se recopilan sobre ellos. Más aún cuando se utilizan “aprendizajes de máquina” que no son sencillamente descifrables. Volviendo a la explicación anterior de Burrell cuando una computadora “aprende” y consecuentemente construye su propia representación de una decisión de clasificación, escapa a la posibilidad de una completa o parcial interpretación por parte de los humanos, aún los especializados.

¿Como se ejerce el control racional algorítmico sobre los procesos de trabajo?, siguiendo la sencilla pero clara tipología de Edwards (dirección, evaluación, disciplinamiento) comentada anteriormente, describiremos distintos mecanismos y situaciones que pueden ilustrar con bastante claridad las consecuencias de la utilización de tecnologías algorítmicas en diferentes entornos de trabajo (Kellogg et al, 2020) , que nos dan indicios sobre el retorno a las tradicionales formas de control racional del trabajo más intrusivas y mecánicas y parecen validar y confirmar el antiguo aserto de Braverman, en el que sugiere que cuanto más ciencia se incorpora al proceso de trabajo, menos entiende el trabajador ese proceso, a medida que la maquina se transforma en un producto intelectual cada vez más sofisticado, menos control y comprensión de la misma tiene el trabajador.

3.1 El control mediante dirección algorítmica

El control racional a través de la Dirección algorítmica específica, como habíamos comentado, qué debe ser realizado y en qué orden (similar al control técnico y burocrático) o las secuencias y la precisión que se busca imponer. Los algoritmos realizan sugerencias de elección, así la plataforma de transporte Uber analiza información sobre frenado y aceleración de velocidad para analizar si los conductores deben descansar o no, y la sugerencia debe ser normalmente atendida. El algoritmo mejora la “objetividad” de la tarea directiva, de la misma manera toma en cuenta si los pasajeros reportan sentimientos negativos sobre un determinado conductor. Se restringe por lo tanto la información que recibe el trabajador y en gran parte queda en poder de la empresa, bajo la potestad del cliente o del usuario de un servicio. También ocurre en la denominada “industria de la hospitalidad”, por ejemplo, la empresa Trip-Advisor es altamente dependiente de los insumos de información aportados por sus clientes, e incluyen opiniones sobre las acciones de los trabajadores y de la empresa en general, paradójicamente esta información necesita ser equilibrada y restringida al mismo tiempo, por un lado, limitada, pero dando márgenes suficientes de libertad informativa a los clientes. Sin duda los trabajadores y empleados en general de estos servicios se ven limitados e impotentes para contrarrestar esta información valorativa con consecuencias muy evidentes para sus condiciones de trabajo, fundamentalmente en términos de asimetrías de poder e información y en la posibilidad de apelar y explicar cualquier hecho contextual que podría determinar sus conductas de trabajo. Las plataformas determinan y crean el marco del dialogo y la comunicación, así las denominadas API o Interfaz de Programación de Aplicaciones (Application Program Interface) condicionan el intercambio informativo y lo hacen habitualmente en términos de fuertes restricciones comunicativas. Los trabajadores sobre demanda (on demand) son habitualmente categorizados como contratistas “independientes” o “usuarios” de la plataforma más que como empleados. Quizá en una nueva y forzada resignificación de sentido del ideario de empoderamiento y autonomía de los discursos directivo- empresariales, mediante sujetos “sujetos” a asimetrías de información muy frecuentes, que difícilmente les permitiría contrarrestar las conductas abusivas de parte de los clientes y consecuentemente de las plataformas.

3.2 El control mediante la Evaluación algorítmica

El control racional a través de la Evaluación supone la revisión de las actividades de trabajo para corregir errores, medir el desempeño, e identificar a quienes lo hacen adecuadamente mediante la productividad, el tiempo de respuesta en el control técnico, o la observación directa y el juicio subjetivo de supervisión o utilizando métricas específicas. Con el control algorítmico los empleadores utilizan dos mecanismos primarios de evaluación: las grabaciones o registros y los “ratings”. Mediante los primeros se evalúa el tiempo no productivo, la calidad del trabajo, la frecuencia de las tareas, tal como ocurría en el control tradicional, pero añadiendo otros nuevos como el monitoreo del lenguaje y el análisis de los sentimientos en las interfaces de chat de equipos de trabajo, por lo tanto tienen la capacidad de observar los procesos de interacción, como se comunican unos empleados con otros, cuáles son los vínculos más frecuentes, pudiendo establecer relaciones entre la comunicación y la productividad, valorando la “calidad” de los vínculos entre las personas y su grado o nivel de aislamiento en relación a un equipo o grupo de personas. Pocas veces en las organizaciones, y de manera tan sistemática, fue posible observar comportamientos de manera tan directa y precisa. Cuales serán las consecuencias y los ajustes conductuales que en el futuro los miembros de equipos de trabajo harán para sostener sus imágenes frente a sus compañeros y supervisores es un aspecto de creciente interés para los estudios del trabajo grupal y las interacciones organizativas.

En consecuencia, el desarrollo de nuevas formas de obtener información sobre las tareas aumenta la servidumbre laboral y se obtiene “feedback” en tiempo real de un amplio rango de comportamientos que permiten ajustar el desempeño del trabajo también en tiempo real. Tal como sucede en los casos de los conductores de Uber y de camiones, midiendo la eficiencia de la utilización de combustible en cada conductor, la velocidad, su geo-localización, tiempo de partida, patrones de aceleración, e información de mantenimiento del vehículo. A diferencia de las antiguas evaluaciones técnicas y burocráticas, utilizan análisis predictivos que permiten analizar el desempeño del trabajador, sus habilidades, y logros. También la información recolectada puede

estar vinculadas a aspectos personales del trabajador, su salud mental y física, sus “habilidades sociales”, o lo que hace en su almuerzo.

En segundo lugar, los “ratings” son otro mecanismo para guiar e influir en el comportamiento de los trabajadores mediante la utilización de tecnologías computacionales, mediante ratings y rankings se puede determinar alguna medida del rendimiento del trabajo y también predecir su efectividad futura. Se puede lograr utilizando información de jefes, pares y consumidores, tanto sobre la personalidad del trabajador, sus habilidades, objetivos y cumplimiento de plazos, su utilización se ha vuelto habitual en la industria de la hospitalidad y la gastronomía. La reputación individual de los trabajadores se constituyen en un elemento de valor esencial para las empresas y un desafío importante para los empleados, el “capital reputacional” se construye mediante la creación de ratings (evaluaciones) y rankings (jerarquías evaluativas) en los que se muestra el grado de cumplimiento de ciertos objetivos de desempeño, por ejemplo aquellos que responden el 75% de los mensajes en 24 horas, lo que puede llevar a ciertas plataformas a restringir el acceso a trabajadores con ratings considerados bajos. En qué medida este tipo de evaluaciones del rendimiento reconfiguran las identidades laborales tradicionales basadas en supervisores humanos más o menos cercanos, y desplazan la tarea de supervisión evaluativa a los consumidores ya constituidos como actores centrales, es un aspecto necesario de develar. No es obviamente nuevo el hecho de que los consumidores se han constituido en evaluadores formales e informales de las actividades laborales en algunos sectores productivos, particularmente en las últimas décadas hay estudios que lo muestran con bastante detalle en el sector comercial de las grandes tiendas minoristas (Du Gay, 2019) donde la necesidad de construir “cercanía con el cliente” ha supuesto una mayor proximidad emocional y física que influye sobre los modos en que se produce y regula el sujeto trabajador, no obstante en pocas ocasiones como en la actualidad las tecnologías algorítmicas han multiplicado esta posibilidad, convirtiéndola en una práctica de control de naturaleza mucho más asimétrica que las conocidas tradicionalmente, y en continua expansión.

3.3 El control mediante la Disciplina Algorítmica

Finalmente continuando con el esquema anterior, mediante el control racional a través de la Disciplina algorítmica, los empleadores obtienen comportamientos deseados de sus trabajadores, mediante mecanismos punitivos y recompensas e incentivos variados. Los mecanismos de reemplazo y recompensas se hacen patentes con los empleados que no logran el desempeño deseado. Utilizando la capacidad de reclutamiento de trabajadores a gran escala, y en una fracción de tiempo muy reducida, las empresas tienen a su alcance una mano de obra de gran disponibilidad, y fácilmente intercambiable por el acceso a plataformas con capacidad automática de veto a los que se considera no apropiados y de inmediato y rápido reemplazo.

Por otra parte, como parte del control disciplinario las recompensas algorítmicas son ahora interactivas y dinámicas, utilizan principios del diseño de juegos, la “gamificación” hace más efectiva la experiencia de trabajo, o al menos así lo parece para los expertos, vista ahora como un “divertimiento” orientado a los trabajadores. Así los que cumplen de manera eficaz con las asignaciones de trabajo son recompensados de manera inmediata con más trabajo, más pago, incrementando la flexibilidad orientada a procesar el consentimiento (Burawoy, 1994). Como ejemplo podríamos citar los casos de Nike, Google, Microsoft, Deloitte, Amazon, Samsung y otras, que han incorporado de manera creciente el diseño de juegos en el día a día de sus procesos organizacionales con sus Apps, “scoreboards”, y video juegos que simulan un partido de básquet aplicado a la tarea, con la intención de mejorar las habilidades y entrenar a sus empleados. Parece conformarse así un sistema de control con consecuencias críticas, como la sensación de frustración y estrés que comienzan a ser advertidas por las sospechas por parte de los propios afectados de su intencionalidad y opacidad, ya que los usuarios en este caso los empleados pueden no tener claro que se evalúa y como son utilizados estos artefactos propios de una industria del entretenimiento (Bogost, 2015) aplicada al control del trabajo. La participación, aunque obligada, en estos juegos de productividad también actualiza los puntos de vista de ciertos autores clásicos de estudios del trabajo (Ej.: Burawoy. M, El proceso productivo como juego, 1994), en el que señalan que el propio hecho de participar en los juegos supone el consentimiento respecto a sus reglas.

Estaríamos entonces en un plano de control disciplinario por “sugerencias” indirectas como forma de influir sobre el trabajador, mediante automatismos orientados al refuerzo positivo de determinadas acciones, mediante “empujoncitos” (nudges) que inducen conductas y decisiones de grupos e individuos. La colaboración en el trabajo se hace difícil de evaluar y se restringen las posibilidades de sociabilidad laboral interna que podrían ser generadoras de resistencias, al inmiscuirse los “bots” con capacidad para analizar el lenguaje utilizado, las pausas, y hasta el lenguaje divergente. En el caso de la producción automotriz se puede evaluar en tiempo real la productividad de un empleado en decenas de factorías al mismo tiempo, utilizando cobots (robots). En situaciones más cercanas para todos, las empresas Trip Advisor o Airbnb pueden conocer las evaluaciones de los clientes en tiempo real, sin poder contextualizar las evaluaciones o los motivos que pueden haber condicionado o determinado ciertos servicios. Son entonces los empleados o los proveedores de servicios en algunos casos, sometidos a consecuencias materiales abusivas sobre

el pago o futuras oportunidades, con limitadas posibilidades de apelación. La llamada “crueldad algorítmica” toma cuerpo como entonces como consecuencia de las asimetrías de poder evidentes en este tipo de situaciones.

4. CONCLUSIONES FINALES

Retomando las consideraciones iniciales sobre el control organizacional como territorio en disputa entre empleadores y trabajadores o si se prefiere entre capital y trabajo y sus actores principales y secundarios, podemos afirmar que estamos en la actualidad definiendo una nueva fase de la tradicional disputa entre control y resistencia como actividades históricamente desarrolladas en diferentes periodos del capitalismo industrial. El control mediante racionalidad algorítmica diluye la resistencia de los trabajadores por el carácter asimétrico de la información en juego, dada la naturaleza opaca del control que se ejerce, que no permite entender el carácter de las estrategias de control en disputa. Colocando la intencionalidad de los fines en un sistema de justificaciones ambiguos, al menos provisionalmente, sustentados en un relato de control ajeno a la voluntad de los empleadores y guiado por un sistema de automatización alejado de las estrategias humanas de control. En un punto parece que “nadie está a cargo”, estaríamos entonces bajo un control sino invisible si “invisibilizado”, alejado de las mediaciones del sujeto directivo organizacional tradicional. Esta desintermediación de los “managers” supone también la pérdida de oportunidades de apelación por parte de los trabajadores, fundamentalmente en el trabajo con plataformas.

Estamos en una situación en los que aún tenemos más preguntas que respuestas en relación a la posibilidad de nuevas situaciones de resistencia laborales en las organizaciones, tanto en el plano reivindicativo como en las más simple expectativas de intentar condiciones de trabajo que supongan márgenes de autonomía laboral que impongan límites a las servidumbres intencionales o a las “autogeneradas” por los automatismos de máquina. Los debates ya abiertos en distintas disciplinas comienzan a dar cuenta de las consecuencias del desplazamiento de la supervisión humana sobre el trabajo. Los problemas generados por la opacidad de los algoritmos y como afectan el desempeño y la identidad de los trabajadores. Se plantean nuevos interrogantes sobre los posibles nuevos imaginarios algorítmicos que se producirán. Como afectaran a los valores, los símbolos y las instituciones en general y sus consecuencias sociales en general. Quizá nuevas profesiones sean necesarias para que distintos actores y grupos dentro de las organizaciones puedan recibir explicaciones acerca de las lógicas y sistemas valorativos que están ocultos bajo el sistema de algoritmos en todo tipo de organizaciones. ¿Estas nuevas profesiones o en su defecto las organizaciones laborales podrán intervenir para modificar, desarrollar y ajustar los sistemas algorítmicos como consecuencias de futuras disputas por el control en las organizaciones? Este interrogante aún incipiente en los estudios organizacionales parece tomar cada vez más entidad. Aunque con variaciones en distintos tipos de organizaciones, parece comenzar una incipiente movilización de diversos actores alrededor del trabajo acerca de la servidumbre obligada de los trabajadores frente a las tecnologías algorítmicas. Tanto en términos de privacidad, discriminación, y propiedad de los datos, como así también en las posibilidades de la acción colectiva para limitar los daños que pueden emerger en la dirección, evaluación, y la disciplina como prácticas de control social y organizacional.

En gran parte esta disputa por el control del trabajo no se dará en la estrecha disputa de unas “relaciones laborales” circunscriptas a las grandes empresas, sino que será parte inseparable de la gran discusión global sobre la denominada gobernanza algorítmica. Es habitual encontrarse en la literatura de ciencias de la computación con el concepto de “gobernanza algorítmica”, término que intenta describir las condiciones del sistema de algoritmos y las posibilidades de establecer alguna forma de arbitraje y control sobre el mismo. Si bien existe una importante cantidad de expertos que confían y conciben posible esta gobernanza, otros expertos dudan de sus posibilidades y expresan también interrogantes importantes sobre su alcance y posibilidades.

El debate sobre estos aspectos apenas comienza y sería necesario un esfuerzo transdisciplinario para evaluar los costos y beneficios de esta nueva era del control sobre el trabajo y fundamentalmente sobre nuestra sociedad.

4. REFERENCIAS.

- [1] ALONSO, L. E. (2007). Las lógicas de acción. Por un estudio sociohistórico de la vida organizacional. En: Fernández Rodríguez, C. J. (ed.). Vigilar y Organizar. Una introducción a los Critical Management Studies. Siglo XXI, Madrid.
- [2] BARLEY, S.R., KUNDA, G. (1992) “Design and Devotion: Surges and devotions of rational and normative ideologies of control in managerial discourse”. *Administrative Science Quarterly*, nº 37, pp. 362-399.
- [3] BLAU, P.M. (1974). La burocracia en la sociedad moderna. Ediciones Paidós, Buenos Aires.
- [4] BOGOST, I. (2015) Why gamification is bullshit. *The gameful world: Approaches, issues, applications*: 65. MIT Press, Cambridge.

- [5] BURAWOY, M. El proceso productivo como juego. En: FINKEL, L. (1994). "La organización social del trabajo", cap. 13, pp 381- 399. Ediciones Pirámide, Madrid.
- [6] DANAHER, J., HOGAN, M., NOONE, C. y otros, (2017): "Algorithmic governance: Developing a research agenda through the power of collective intelligence", *Big Data & Society*, julio y diciembre, pp. 1-21.
- [7] DU GAY, P. (2019): *Consumo e identidad en el trabajo*. Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Madrid.
- [8] EDWARDS, R. (1982). *Contested Terrain: The Transformation of the Workplace in the Twentieth Century*. *Science and Society* 46 (2):237-240.
- [9] FLYNN, S.I. (2011). *Labor Theory: Division of labor*. En: *The social organization of work*. Salem Press, Pasadena, California.
- [10] GÓMEZ, C. E. (2019): "Estudios críticos sobre algoritmos: ¿un punto de encuentro entre la ingeniería y las ciencias sociales?", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 217-234
- [11] GUILLEN, M. F. (1994). *Models of Management: Work, Authority and Organization in a Comparative Perspective*, Chicago University Press, Chicago.
- [12] KELLOG, K.C., Valentine, M.A., & Christin, A. (2020). "Algorithms at Work: The New Contested Terrain of Control." *The Academy of Management Annals*, 14, 366-410.
- [13] PASQUALE, F. (2015): "The Black Box Society: The Secret Algorithms that Control Money and Information.". Cambridge, MA, University Press.

Modelos de madurez e implementación en industria 4.0 análisis de alternativas y nivel de implementación.

Blanc, Rafael; Pietroboni, Rubén M.; Cettour, Walter; Lepratte, Leandro

*Facultad Regional Concepción del Uruguay – Universidad Tecnológica Nacional
rafaellujanblanc@yahoo.com.ar*

RESUMEN

La implementación de la Industria 4.0 puede verse como el cambio de mayor importancia en la historia industrial reciente luego de la implementación de los sistemas de aseguramiento de la calidad en la manufactura. A pesar de los beneficios conocidos de la Industria inteligente, su adopción y efectuar la transformación hacia lo digital sigue siendo un desafío para las pymes. Existen gran cantidad de modelos de madurez en automatización y digitalización de industrias; unos estrictamente teóricos y otros que son guías prácticas de diagnóstico e implementación. En los últimos encontramos a Acatech industria 4.0, que tiene nivel de elevada implementación en Europa y Latinoamérica y en Asia el índice de preparación de la industria inteligente de Singapur. Se analizan y comparan los modelos de madurez de implementación de industrias inteligentes antes mencionados y luego se selecciona una alternativa y se evalúan una muestra de industrias de la provincia de Entre Ríos colocando a las firmas en diferentes niveles de acuerdo a sus resultados. Posteriormente se detallan cuáles son los obstáculos comunes en la implementación de los modelos de producción actuales en la provincia. Finalmente se describen herramientas para incentivar estos cambios para las empresas.

Palabras Claves: Cambio tecnológico, Industria 4.0, Implementación, Madurez, Diagnostico.

Maturity Models implementation in smart industry analysis of alternatives and stages of implementation.

ABSTRACT

The implementation of Industry 4.0 can be seen as the most important change in recent industrial history after the implementation of quality assurance systems in manufacturing. Despite the known benefits of Smart Industry, its adoption and transformation to digital remains a challenge for small and mid-size enterprises. There are a large number of maturity models in automation and digitization of industries; some strictly theoretical and others that are practical diagnostic and implementation guides. In the last ones we find Acatech industry 4.0, which has a high level of implementation in Europe and Latin America and in Asia the readiness index of the smart industry of Singapore. Advance in smart industries implementation maturity models is analysed and compared and then an alternative is selected and a sample of industries in Entre Ríos state are evaluated, placing the firms at different levels according to their results. Subsequently, the common obstacles in the implementation of current production models in the province are detailed. Finally, tools are described to encourage these changes for companies.

Key Words: Technological change, Industry 4.0, Implementation, Maturity, Diagnosis.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO DE REFERENCIA

El concepto “Cuarta Revolución Industrial” se ha instalado a nivel internacional a partir de un grupo de especialistas, pertenecientes a diferentes gobiernos (sobre todo de origen alemán) como una herramienta para la mejora de la productividad en la industria manufacturera y como motor de desarrollo económico mediante la expansión de las industrias de soporte tanto en hardware como software industrial. El paquete de industria 4.0 no es novedoso en sí mismo, es la combinación de tecnologías físicas (hardware de control y comunicación) y tecnologías digitales software (para la toma, gestión y análisis de datos) que ya existían con anterioridad. Impulsa el uso de este término la necesidad países desarrolladas por movilizar sus economías, recuperar empresas y procesos externalizados a partir de la aplicación de industria 4.0 y sus industrias de soporte. Por esto, el termino de “Industria 4.0”, comenzó a generalizarse y a ser relevante para sectores y empresas, que emprendieron acciones para desarrollar y adecuarse a estos procesos que podrían reconfigurar sus ventajas competitivas y transformar estructuralmente sus capacidades industriales. [1, 2].

Uno de los componentes de la cuarta revolución industrial es la automatización mediante electrónica, podemos posicionarla a finales de los años sesenta con el desarrollo de los primeros controladores lógicos programables (PLC), al mismo tiempo surge la primera etapa de los microprocesadores que con mayor poder de cálculo que permitieron controlar con mayor precisión el flujo de datos. Posteriormente estos procesadores escalaron su capacidad de cálculo este proceso fue acompañado de una expansión de la memoria disponible para el almacenamiento y procesamiento de datos. En simultaneo se da el surgimiento y expansión del hardware de soporte de comunicaciones y redes, con el mismo comportamiento de su contraparte que son los softwares de control, como ejemplo de los primeros fueron los planes maestros de producción (MRP). Posteriormente estos programas evolucionaron no solo a captar datos internos de la empresa si no a mezclar tanto datos internos como externos en post de lograr mejorar el proceso de toma de decisiones empresariales [3, 4].

La terminología de industria 4.0 se populariza a partir del año 2010 dado que algunos cambios logran impulsarla [1, 2]. Entre ellos, se destacan el mejoramiento del hardware de procesamiento, mejoras del almacenamiento, expansión del software de control, el surgimiento y crecimiento redes de comunicación de datos tanto físicas como móviles. Estos fenómenos son acompañados por caídas de los costos de implementación y mantenimiento por parte de las empresas. Por otro lado, la evolución de la implementación de computadoras personales y la penetración de INTERNET en los hogares, genera un proceso de cierre a nivel tecnológico en los dispositivos móviles que combinan ambas cosas procesamiento y conectividad que permiten tanto a empresarios como clientes tener una comunicación fluida en la actividad comercial. [5, 6, 7].

Las tecnologías que componen la industria 4.0 entre otras son: big data, internet de las cosas, robotización, inteligencia artificial, aprendizaje automático, impresión 3D, sensores, realidad virtual, servicios en la nube, y otras. Estas tecnologías están asociadas a la digitalización y la conectividad. Que están cambiando: la forma de producir, los modelos de negocios, el mercado laboral y las tareas que llevan adelante los trabajadores. En la siguiente Tabla, se presenta qué tecnologías están asociadas en forma directa a la Industria 4.0 en el enfoque de diversos autores. [8; 9, 10, 11, 12].

Tabla 1: *Tecnologías asociadas a 4.0*

Publicación	Ítems a tener en cuenta.
[8] (2015)	Integraciones de computación y procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. El Internet de las cosas (IoT) permite que "'cosas' y 'objetos', como RFID, sensores, actuadores, teléfonos móviles, a través de esquemas de direccionamiento únicos, interactúan entre sí y cooperan con sus componentes 'inteligentes' vecinos, para alcanzar objetivos comunes. Proveedores de servicios para ofrecer sus servicios a través de internet. La fábrica inteligente se define como una fábrica que consciente del contexto ayuda a las personas y las máquinas en la ejecución de sus tareas. Esto se logra mediante sistemas que funcionan en segundo plano, los llamados sistemas de calma y conscientes del contexto significa que el sistema puede tener en cuenta la información de contexto, como la posición y el estado de un objeto. La interoperabilidad es un habilitador de Industria 4.0. En las empresas Industria 4.0, los sistemas ciber físicos (CPS) y humanos están conectados a través de IoT y IoS. El sensor y los datos están vinculados a modelos de planta virtual y modelos de simulación. Así, se crea una copia virtual del mundo físico, el estado de la planta es permanentemente rastreado y analizado. La planta se basa en una arquitectura orientada al servicio, los sistemas pueden adaptarse de manera flexible a los requisitos cambiantes al reemplazar o expandir un módulo individual.
[9] (2016)	Integración de sensores y actuadores; Comunicación y conectividad; Funcionalidades para el almacenamiento de datos e intercambio de información; Vigilancia; Servicios de TI relacionados con el producto; Modelos de negocio en torno al producto. Procesamiento de datos en producción; Comunicación máquina a máquina; Red de empresas con la producción; Infraestructura de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en la producción; Interfaces hombre-máquina.
[10] (2018)	Entorno artificial (virtual) del mundo real utilizando diversas tecnologías innovadoras como dispositivos móviles, dispositivos portátiles, etc. Fabricación aditiva crea partes complejas desde cero, en su mayoría agregando una capa a la vez, en base a un modelo CAD 3D. IoT, describe la conexión y la comunicación de "cosas" físicas a través de Internet. Los conjuntos de datos ahora se caracterizan por su alto volumen, velocidad y naturaleza de variedad más veracidad y valor. Los CPS son sistemas de entidades computacionales colaborativas que están en conexión con el mundo físico que lo rodea y sus procesos en curso, proporcionando y utilizando, al mismo tiempo, los servicios de acceso y procesamiento de datos disponibles en Internet.
[11] (2019)	Sistemas de monitoreo digital en tiempo real; Transformación cultural; Análisis de big data; Sistemas de fabricación ágil; Estaciones de trabajo digitales y conectadas; Rol del Operador; E-Kanban; Sistemas automatizados de transporte; Computación en la nube; Fabricación automatizada / montaje; Robótica colaborativa; Entrenamiento 4.0; Sistemas de almacenamiento automatizados; Monitoreo remoto de productos; IoT y CPS; Mantenimiento predictivo; identificación y tecnología de seguimiento; Sistemas de Soporte a la Decisión; Sistemas de productos y servicios digitales; Modelos de redes de colaboración; PDM y PLM; Normas CPS; Sistemas de fabricación auto adaptativos; Tele-mantenimiento; Simulación; Punto de venta digital; Innovación abierta; Sistemas de asistencia inteligente; Modelos de flujo de material continuo; Diseño sostenible de la cadena de suministro; Inteligencia artificial; Plug and Produce; VR y AR; Servitización / Economía Compartida; Fabricación Aditiva (Impresión 3D); Objeto autoservicio; Bloqueo digital; Freemium; Complemento digital o actualización
[12] (2021)	Internet de datos, servicios y personas, Blockchain, Tecnologías semánticas, Realidad virtual, Internet industrial de las cosas, seguridad cibernética, Fabricación aditiva, Simulación, Big Data, gemelos digitales, Realidad aumentada, Analítica de datos, Robótica industrial, Computación en la nube, Sistemas ciber físicos

Fuente: elaboración propia en base a los artículos citados.

De los trabajos analizados en la Tabla anterior (Tabla 1) se observa que las tecnologías 4.0 pueden variar según el enfoque de análisis y que si bien hay tecnologías que son consideradas desde el principio como los sistemas ciber físicos hay otras que entran en vigencia en a medida que la los procesos smart factory trascienden en ámbito de la industria como son block chain, 5g aplicado

a IoT y como soporte para los autos inteligentes, entre otras. Por lo cual se puede observar una evolución en las tecnologías del modelo 4.0 a medida que el tiempo avanza y la función de automatización y digitalización deja de relacionarse solo a lo meramente productivo y abarca el resto de ámbitos de la organización.

Con el fin de comprobar el grado de avance de las empresas en los procesos de implementación de industria 4.0 cobran importancia de los modelos de madurez (MM). Estos modelos de diagnóstico y análisis con una fuerte impronta ingenieril funcionan como guías para la implementación de tecnologías y que establecen estadios dentro de la digitalización y automatización. Los mismos implican un examen de la organización para identificar brechas de adopción, el análisis detallado de los datos recabados en toda la organización que van desde procesos dentro de la organización a impactos tecnológicos y metodológicos en el negocio y hasta por los recursos humanos de la organización.

1.1 Modelos de Madurez

Los MM implican un análisis minucioso de la organización para identificar brechas y debilidades en la adopción de tecnologías 4.0. El diagnóstico se lleva a cabo en toda la organización, en cada etapa de los procesos y se evalúa los requisitos que son necesarios para que la firma adopte la Industria 4.0. Los datos se obtienen a través de cuestionarios que tratan sobre el estado de la transformación digital de la organización, el análisis de los procesos principales y entrevistas con el personal involucrado para identificar brechas tanto de los procesos como de las habilidades. El resultado del análisis se utiliza el cómo marco del MM para calcular el nivel de madurez tecnológica de la organización, donde dependiendo de un valor alcanzado será el de madurez asignado a esa área [13]. Las métricas de nivel de madurez pueden permitir la comparación entre varias organizaciones consideradas en términos de los niveles. Es importante su aporte como una hoja de ruta, que permite a las empresas iniciar la transformación en post de la implementación de la Industria 4.0.

1.1.1 Modelo Acatech

Uno de los MM más utilizados es el de Acatech perteneciente a la Academia Alemana de Ciencia e Ingeniería. Esta asociación toma estándares académicos de las ingenierías y de las ciencias y técnicas alemanas para asesorar a políticos y al sistema público en temas del futuro relacionados a la aplicación de las tecnologías y la política tecnológica. El MM Acatech [14, 15, 16] permite a las organizaciones identificar su estado respecto a la etapa de digitalización hacia la Industria 4.0. Las evaluaciones se realizan en el contexto de la organización, con un enfoque en los procesos de las empresas de fabricación y al ambiente asociado al mismo. El proceso de aplicación en tres fases, en la primera fase de diagnóstico del estado de madurez de la firma, seguido en la segunda por un plan de mejoras o desarrollo de capacidades en los puntos débiles, finalmente en el último paso se realiza una planificación para su aplicación. Los niveles o stages en que puede estar los pueden estar las diferentes áreas estructurales son seis, siendo el primero la de menor desarrollo y el sexto el de máximo desarrollo. Las denominaciones de las etapas son: uno Informatización, dos conectividades, tres Visibilidad, cuatro transparencias, cinco capacidades predictiva y finalmente seis adaptabilidades.

Tabla 2: Áreas estructurales Acatech

Áreas	Componentes	Descripción
Recursos	Capacidades digitales	Competencias de los empleados para manejo de información digital, presencias de sensores y actuadores que logren una digitalización en tiempo real de los datos y el procesamiento descentralizado de los datos.
	Comunicaciones estructuradas	Sistemas de comunicación eficientes y trazables de univoca interpretación
Sistemas de información	Auto aprendizaje y procesamiento	Hace referencia a que la información se de calidad y esté disponible, que sea procesada y analizada, y al almacenamiento de datos tanto a nivel local como en la nube.
	Integración del sistema de información	Se analiza los sistemas de información en cuanto a su nivel de integración, interfaces, manejo de datos y ciber seguridad.
Estructura Organizacional	Organización Interna orgánica	Analiza el funcionamiento de los recursos humanos y sus formas de trabajo con temas como el manejo ágil de grupos de trabajo, los sistemas de motivación de empleados, la correcta o direccionada toma de decisiones por parte de los líderes, los equipos de trabajo por áreas y su comunicación e interacción con objetivos comunes.
	Colaboración con la cadena de valor	Analiza si la estructura de recursos humanos es funcional al modelo de valor del cliente y si está enfocada en lograr ventajas competitivas, las competencias e interacción de los proveedores y empresa en post de satisfacer a los clientes.
Cultura	Apoyo al cambio	Reconocimiento y uso de los errores como enseñanzas, sistemas de innovación abierta y aprendizaje basado en datos para la toma de decisiones. Desarrollo profesional continuo y propensión al cambio.
	Colaboración social	Sistema democrático de liderazgo, confianza en la comunicación y el sistema social, modelos abiertos y colaborativos de interacción.

Fuente: elaboración propia en base a artículos sobre MM

Las cuatro áreas estructurales anteriores componen las partes de las áreas funcionales, por lo cual se evalúa su funcionamiento dentro de las mismas.

Tabla 3: Áreas funcionales Acatech

Área funcional	Descripción	Áreas estructurales
Desarrollo	Aspectos relacionados al creación y puesta en marcha de nuevos productos y servicios.	Recursos
		Sistema de Información
		Estructura Organizacional
		Cultura
Producción	Aspectos relacionados al a la actividad de la empresa y a los servicios relacionas en lo relativo a su realización.	Recursos
		Sistema de Información
		Estructura Organizacional
		Cultura
Logística	Procesos relacionados a los movimientos tanto internos como externes de inputs y outputs de la producción.	Recursos
		Sistema de Información
		Estructura Organizacional
		Cultura
Servicios	Servicios que dan soporte a las diferentes áreas de la empresa a fin de que puedan cumplir sus objetivos.	Recursos
		Sistema de Información
		Estructura Organizacional
		Cultura
Marketing y ventas	Actividades relacionadas a la actividad comercial y al seguimiento de clientes.	Recursos
		Sistema de Información
		Estructura Organizacional
		Cultura

Fuente: elaboración propia en base a artículos sobre MM

1.1.2 Modelo industria inteligente de Singapur (SIRI)

El Índice de preparación para la industria inteligente de Singapur (SIRI) [17, 18] es un MM que se creó para ayudar a las empresas a comprender los beneficios de la Industria 4.0 mediante la identificación de las debilidades y los pasos necesarios para la adopción de la Industria 4.0. Consta de cuatro pasos: primero aprender conceptos clave y crear un lenguaje común, segundo evaluar los niveles de madurez actuales de la Industria 4.0 de las instalaciones existentes, tercero diseñar una estrategia integral de transformación y una hoja de ruta de implementación, cuarto puesta en marcha de las iniciativas de transformación. Se compone de tres áreas fundamentales en la Industria 4.0, Tecnología, Procesos y Organización, que están respaldados por ocho componentes clave. Para evaluar a las empresas que utilizan SIRI, las tres áreas de construcción y a las ocho componentes se les asignan a varias dimensiones de evaluación, como se muestra en las Tablas 4 y 5. Las dimensiones son evaluadas numéricamente desde cero a cinco o cero a seis dependiendo del caso, siendo cero el límite inferior y cinco o seis el máximo de desarrollo de la dimensión.

Tabla 4: Áreas estructurales SIRI

Áreas	Componentes	Descripción
Tecnología	Automatización	Analizar la adopción de tecnología para monitorear, controlar y ejecutar la producción de productos y servicios
	Conectividad	Medir el estado de interconexión entre equipos, máquinas y sistemas para la comunicación y el intercambio de datos activos.
	Inteligencia	Analizar el procesamiento y análisis de datos
Procesos	Operaciones	Analizar la planificación y ejecución de procesos para producir bienes y servicios.
	Cadena de abastecimiento	Analizar, desde el punto de origen hasta el consumo, la planificación y gestión de las materias primas y el inventario de bienes y servicios de una empresa.
	Ciclo de vida producto	Analizar las etapas por las que atraviesan los productos, desde el diseño hasta la retirada del mercado
Organización	Disponibilidad de talento	Analizar la capacidad de una empresa para permitir que la fuerza laboral mejore e impulse la adopción de la Industria 4.0
	Estructura y gerenciamiento	Analizar las políticas de una empresa para influir en los equipos e implementar iniciativas. Además, analizar la capacidad de una empresa para fomentar el trabajo en equipo y el liderazgo para lograr objetivos comunes.

Fuente: elaboración propia en base a artículos sobre MM

Tabla 5: Dimensiones modelo SIRI

Dimensión	Área estructural	Descripción
Integración vertical	Proceso -Operaciones	Evalúa la integración de procesos y sistemas en la jerarquía para la conectividad de un extremo a otro.
Integración horizontal	Proceso- Cadena de abastecimiento	Evalúa la integración organizativa de los procesos y las partes interesadas en la cadena de valor.
Ciclo de vida del producto integrado	Proceso - Ciclo de vida del producto	Evalúa la integración organizativa de los procesos y las partes interesadas en la cadena de valor. Analiza la recopilación, la gestión y el análisis de datos para cada etapa del ciclo de vida del producto
Automatización, Planta de producción, Empresa e instalación	Tecnología – Automatización, conectividad e inteligencia.	Evalúa el alcance y la integración de la automatización y los sistemas en las capas de la planta, la empresa y las instalaciones.
Conectividad: planta, empresa e instalación	Tecnología – Automatización, conectividad e inteligencia.	Evalúa la interconectividad entre equipos, máquinas y sistemas en todo el piso de producción, la empresa y las instalaciones.

Inteligencia: planta, empresa e instalación	Tecnología – Automatización, conectividad e inteligencia.	Evalúa la capacidad de los sistemas de tecnologías de la información (TI) y tecnología de operaciones (OT) en los niveles de planta, empresa e instalaciones en la identificación, el diagnóstico y la adaptación de desviaciones.
Aprendizaje y desarrollo de la fuerza laboral	Organización - Disponibilidad de talento	Evalúa el programa de aprendizaje y desarrollo de una empresa en términos de calidad.
Competencia de liderazgo	Organización - Disponibilidad de talento	Evalúa la gestión de una empresa para saber si está preparada para aprovechar nuevos conceptos y tecnologías para seguir siendo relevante y competitiva.
Colaboración entre empresas y interna	Organización - Estructura y gerenciamiento	Evalúa el proceso de una empresa para permitir que los equipos internos y externos colaboren en un objetivo común.
Estrategia y gobernanza	Organización - Estructura y gerenciamiento	Evalúa las políticas de una empresa con respecto a los objetivos a largo plazo, como la identificación de prioridades y hojas de ruta tecnológicas.

Fuente: elaboración propia en base a artículos sobre MM

Comparando los MM de Acatech y Siri se encuentra un nivel elevado de similitud entre los mismos. Pero Siri tiene mayor nivel de complejidad basado en la cantidad de dimensiones que aborda y el uso de múltiples escalas para diferentes niveles es además más detallado en su apartado metodológico [18]. Es relevante destacar en las etapas para la implementación SIRI tiene una etapa de puesta en común de temáticas y terminologías claves a fin de hablar un lenguaje común entre la empresa y evaluadores lo cual lleva a un nivel de precisión superior en los datos aportados y reduce errores relacionados con la comprensión.

A continuación, a fin de cumplir con los objetivos del trabajo se selecciona el modelo Acatech para evaluar en algunos aspectos a la muestra de empresas relevadas en la provincia de Entre Ríos.

2. METODOLOGIA

El presente estudio es de carácter exploratorio y corresponde con la primera fase de un proyecto de investigación que tiene como objeto relevar el estado de implementación de tecnologías de industria 4.0 de las industrias de la provincia de Entre Ríos. Se realizará un análisis de datos primarios de firmas del Gualaguaychú, Uruguay y Concordia de los cuales fueron relevadas 44 (cuarenta y cuatro) durante el segundo trimestre del año 2019 y datos secundarios aportados por los organismos de la provincia de Entre Ríos y cámaras empresariales. A partir de los mismos, se realizará un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr clasificar el estado de avance de las industrias en base al MM Acatech. El formulario único se aplicó con encuestador en forma presencial, en las firmas de mayor porte hubo instancias auto administradas y luego con un chequeo de la información por parte de un encuestador.

En el módulo sobre Incorporación de Tecnologías 4.0 se evaluaron componentes del modelo de madurez de las dimensiones: Producto, Operaciones y Tecnología. Y características relacionadas con la industria 4.0 como son: sistemas ciber físicos, análisis en tiempo real, virtualización, descentralización, IOT y robótica.

Dada que la encuesta no fue diseñada para relevar el Modelo Acatech el análisis se limitará al nivel al área funcional de producción, en cuanto al apartado recursos (capacidades digitales) y sistema de información (Auto aprendizaje y procesamiento e Integración del sistema de información).

Variables del estudio

Recursos

Capacidades digitales

Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)

MDC recopilación de datos de una máquina

PDA adquisición de datos de producción

M2M Coordinación de equipos de producción a través de red
 MES Sistemas de Ejecución de Manufactura
 Herramientas de análisis de datos en la nube.
 Programas en la nube (cloud computing) como reemplazo del sistema local.

Sistemas de información

Auto aprendizaje y procesamiento

Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones.
 Herramientas de análisis de datos en la nube.
 Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..).
 Simulación de sistemas de producción o distribución.

Integración del sistema de información

MRP Sistema de planificación de materias primas.
 ERP Sistema de planificación de recursos.
 BPM Software.
 Posee departamento de Sistemas (IT)

Se utilizarán promedios simples para la realización la escala será la siguiente

Tabla 6: *Escala del modelo de medición*

Nivel MM	1	2	3	4	5	6
	Informatización	Conectividad	Visibilidad	Transparencia	Predictivo	Adaptable
Valor	0,00 – 0,16	0,17 – 0,33	0,34 -0,40	0,41 – 0,57	0,58 – 0,74	0,75 – 1,00

Fuente: elaboración propia

A partir de estas variables y su escala se realizan análisis descriptivos a fin de posicionar las firmas en los diferentes niveles de desarrollo en cuanto a industria 4.0 en estos aspectos. A continuación, los resultados del estudio.

3. RESULTADOS

De los tres componentes analizados (Capacidades digitales, Auto aprendizaje y procesamiento, Integración del sistema de información) en promedio se da un bajo desempeño de acuerdo al MM alcanzando el nivel dos como máximo. Lo cual lleva a pensar en un bajo nivel de desarrollo en los componentes evaluados (Tabla 7).

Tabla 7: *Resultados promedios muestrales para el área de producción*

Nivel MM	1 Informatización	2 Conectividad	3 Visibilidad	4 Transparencia	5 Predictivo	6 Adaptable
Capacidades digitales	-	0,22	-	-	-	-
Auto aprendizaje y procesamiento	0,79	-	-	-	-	-
Integración del sistema de información	-	0,18	-	-	-	-

Sí se realiza el mismo análisis de acuerdo a frecuencias por clase o nivel del MM de los casos de la muestra, se visualiza un panorama más diverso. Si bien la mayor parte de las empresas siguen posicionándose en los niveles uno y dos, hay un pequeño grupo de empresas que logra posicionarse en los niveles superiores incluso alcanzando el nivel seis (Tabla 8).

Tabla 8: *Resultados por porcentaje de casos muestrales para el área de producción*

Nivel MM	1 Informatización	2 Conectividad	3 Visibilidad	4 Transparencia	5 Predictivo	6 Adaptable
Capacidades digitales	53,50	27,90	0,00	9,30	7,00	2,30
Auto aprendizaje y procesamiento	75,00	18,20	0,00	6,80	0,00	0,00
Integración del sistema de información	54,54	25,00	0,00	13,63	0,00	6,81

3.1 Discusión, obstáculos a la automatización

En la realización de los cuestionarios, se dio un intercambio con los empresarios en cuanto a las dificultades para implementar 4.0. Los motivos más frecuentes fueron la antigüedad e incompatibilidad de los equipos que poseen, seguido por la elevada escala de los nuevos equipos y la incertidumbre sobre la evolución del mercado al cual van destinados sus productos. De la lectura de la bibliografía internacional referente a la temática de obstáculos para la automatización y digitalización de empresas los principales son: a) Elevado costo de inversión y riesgo financiero relacionado, b) Problemas de integración y compatibilidad de nuevos equipos y sistemas, c) Faltas de estándar consolidado y arquitecturas comunes que aseguren la compatibilidad entre los nuevos equipos, d) Falta de interés y comprensión sobre los beneficios de la digitalización en las empresas, e) Baja formación de los empleados de las competencias necesarias para el uso y mantenimiento de tecnologías 4.0 y finalmente problemas de seguridad y privacidad de los datos digitales [19, 20, 21].

Lo anterior exhibe una amplia variedad de temáticas que afectan la implementación de tecnologías 4.0, aunque del análisis de la bibliografía y tendencias en sectores empresariales internacionales parece claro que los procesos de digitalización y los procesos inteligentes no son una moda y serán la nueva forma de producción. Como surgió la división del trabajo, la línea de montaje y la estandarización entre otras. Tecnologías que en principio fueron incomprendidas o resistidas, pero una vez que fueron parte del mercado condicionaron a los incumbentes a implementarlas o perder su posición o incluso desaparecer de los mismos.

Por lo cual surge la duda de si la expansión del uso de los MM en industria 4.0, ¿podría ser una herramienta para la implementación en las empresas?, como en algún momento lo fueron los sistemas normas ISO para la difusión y uso de la calidad como herramienta. Otra pregunta resultante de un camino lógico es, ¿Sí en algún momento el nivel de madurez de tecnologías 4.0 será una barrera para el ingreso a determinados mercados?

4. CONCLUSIONES

El crecimiento de la industria 4.0 y la digitalización de empresas es un proceso sostenido por lo cual será relevante para el futuro de las firmas industriales de la provincia de Entre Ríos, como de las del resto del país implementar estas tecnologías a fin de ser competitivos en el mercado.

No todas las empresas tienen las capacidades para dar el salto hacia el uso de tecnologías Smart Factory por diferentes motivos. Entre los más relevantes están: los elevados costos de implementación, las escalas de producción, la incertidumbre sobre el comportamiento del mercado y en numerosos casos la presencia de equipos antiguos de difícil actualización y comunicación con nuevas tecnologías. Este diagnóstico no es solo del caso de las empresas analizadas en el trabajo, sino que se da en otros lugares del planeta.

Los MM son herramientas de diagnóstico y aplicación complejas. Dada la necesidad tener capacidades de conocimiento tanto tecnológicas, como de análisis sociológico y de negocios para aplicarlas con exactitud. Dado la cantidad de información que se debe recoger tanto de cuestiones técnicas, como de recursos humanos y negocios. Los resultados de los diagnósticos de las mismas son una excelente guía para gerentes para la toma de decisiones de caminos hacia la implementación de nuevas tecnologías.

Los MM tanto de Acatech como de SIRI son sistemas integrales de diagnóstico empresarial y pueden constituirse en herramientas de mejora para el desempeño empresarial como son hoy las familias de normas ISO de aseguramiento de la calidad. Pero no son de uso extendido como estas últimas.

Si bien el estado y las diferentes cámaras empresariales están haciendo esfuerzos por divulgar la presencia y la necesidad de la modernización con respecto a las nuevas tecnologías a un gran número de empresas, aún les falta trabajo para lograr un elevado nivel de implementación. Sobre todo si se tiene en cuenta el caso de empresas que tienen elevado nivel de implementación en una parte ejemplo producción y una completa ausencia en otras partes esenciales como logística o comercialización el proceso se vuelve complejo.

Por lo anterior es importante lograr la implementación de estos modelos o de alternativas de menor complejidad adaptadas al ecosistema de empresas local, que les permitan una evolución en el sendero de la automatización y digitalización a fin de que sean competitivas y no queden relegadas en el mercado en el cual se incluyen.

5. REFERENCIAS

- [1] Casalet, M. (2018). “La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- [2] AA.VV. (2021). Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0. Ministerio de desarrollo productivo de argentina.
- [3] Zhang, P. (2010) Advanced Industrial Control Technology. Elsevier. 1st Edition. ISBN: 9781437778083
- [4] Frenzel, L. (2017). Electronics Explained 2nd Edition. Fundamentals for Engineers, Technicians, and Makers Elsevier. eBook ISBN: 9780128118795.
- [5] Verkasalo, H. (2009). Analysis of mobile internet usage among early-adopters. Vol. 11 No. 4, pp. 68-82. <https://doi.org/10.1108/14636690910970982>
- [6] Levä, T., Hämmäinen, H. y Kilkki, K. (2009). Scenario Analysis on Future Internet. First International Conference on Evolving Internet, 2009, pp. 52-59, doi: 10.1109/INTERNET.2009.15.
- [7] Yadav, R. (2017). Challenges and Evolution of Next generation. Wireless Communication Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017 Vol II, IMECS 2017, Hong Kong.
- [8] Hermann, M.; Pentek T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, pp. 3928-3937.
- [9] Reiner A. & Jürgen F. (2016) Guideline Industrie 4.0.
- [10] Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). Journal of Manufacturing Systems, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- [11] Rauch, E.; Stecher, T.; Unterhofer, M.; Dallasega, P. & Matt, D. (2019). Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bangkok, Thailand, March 5-7,
- [12] Ghobakhloo, M., Fathi, M., Iranmanesh, M., Maroufkhani, P., Morales, M. (2021) Industry 4.0 Ten Years On: A Bibliometric and Systematic Review of Concepts, Sustainability Value Drivers, and Success Determinants, Journal of Cleaner Production
- [13] Canetta, L., Barni, A., Montini, E. (2018). Development of a digitalization maturity model for the manufacturing sector. In: 2018 IEEE international conference on engineering, technology and innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–7
- [14]. Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Ten Hompel, M., Wahlster, W. (2017). Industrie 4.0 maturity index: managing the digital transformation of companies. Utz, Herbert.
- [15] Kagermann, H.; Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Frankfurt: Acatech-National Academy of Science and Engineering.

[16] Schmitz, S. (2020). Industrie 4.0 at scale How to transform manufacturing companies. i4.0MC - Industrie 4.0 Maturity Center GmbH.

[17] Singapore Economic Development Board (2020). The Singapore smart industry readiness index. Catalysing the transformation of manufacturing.

[18] Singapore Economic Development Board (2020). The Prioritisation Matrix. Catalysing the transformation of manufacturing.

[19] Kamble, S. S., Gunasekaran, A., and Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107-119.

[20] Müller, J. M. (2019) Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 52, Issue 13, pp. 2189-2194, ISSN 2405-8963.

[21] E. Rauch, P. Dallasega and M. Unterhofer, (2019). Requirements and Barriers for Introducing Smart Manufacturing in Small and Medium-Sized Enterprises. In *IEEE Engineering Management Review*, vol. 47, no. 3, pp. 87-94, 1 thirdquarter, Sept.

Abordaje al paradigma Industria 4.0 a partir de la disponibilidad de información para la toma de decisiones, el caso de utilización de dashboards en una empresa farmacéutica

Autores: Federico Walas Mateo¹ , Daniel Puyol²

1, 2 Universidad Nacional Arturo Jauretche – Instituto de Ingeniería y Agronomía, Ingeniería Industrial Av. Calchaquí 6200 - Florencio Varela (CP1888) Buenos Aires – Argentina

RESUMEN

Actualmente las empresas industriales enfrentan el desafío de transformarse y evolucionar al paradigma Industria 4.0. A priori este nuevo paradigma de organización de la producción se presenta como una tarea muy difícil para ser encarada en el ámbito industrial, y sobre todo en el complejo sector PyME, sin embargo existen algunas soluciones para iniciar el proceso evolutivo para abordar el proceso de digitalización en la empresa.

Este nuevo escenario para el ámbito industrial significa una oportunidad para desplegar herramientas de gestión de las operaciones en línea con una estrategia Lean Manufacturing. Esta estrategia alineada con un sistema de gestión madura en la empresa, generan condiciones de competitividad estructural para desempeñarse con solvencia en cadenas de valor globales. Consideramos que esto no es una cuestión utópica, y que muchas veces se encuentra al alcance de cualquier tipo de empresa, sin la necesidad de grandes inversiones o implementaciones complejas.

Este trabajo surge a partir de la aplicación de herramientas tecnológicas simples y relativamente económicas con respecto al beneficio de contar con datos para poder gestionar las operaciones a partir de indicadores clave de performance (KPIs) y el seguimiento de su evolución. A continuación, se establece el marco de trabajo alrededor del concepto de Producción 4.0, la importancia de tableros de comando para la gestión y se presenta un caso desarrollado en una empresa farmacéutica donde se desplegó un sistema de tableros de comando, también conocidos como dashboards, para facilitar la gestión de operaciones.

Palabras Clave: Tablero de Comando, Modelos de datos, Mejora de Procesos, Industria 4.0,

ABSTRACT

Nowadays, industrial companies face the challenge of transforming and evolving into the Production 4.0 paradigm. At first, this new paradigm of organization of the production is presented as a very difficult task to be faced in the industrial field, and especially in the complex SME sector, however there are some solutions to start the evolutionary process to address the digitalization process in the company.

This new scenario for the industrial sector means an opportunity to deploy operations management tools in line with a Lean Manufacturing strategy. This strategy aligned with a mature management system in the company, generate conditions of structural competitiveness to perform with solvency in global value chains. We believe that this is not a utopian issue, and that it is often available to any type of company, without the need for large investments or complex implementations.

This work arises from the application of simple and relatively inexpensive technological tools with respect to the benefit of having data to manage operations from KPIs and monitoring their evolution. Next, the framework is established around the concept of Production 4.0, the importance of command panels for management and a case developed in a pharmaceutical company where a system of command panels, also known as dashboards, was deployed to facilitate operations management.

Key Words: dashboard, process improvement, Industry 4.0, Data models

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco Conceptual sobre el que se desarrolla el trabajo

El presente trabajo pretende dar visibilidad a una metodología de abordaje por parte de una empresa industrial al paradigma de Producción 4.0 incorporando herramientas para la gestión que permitan a la empresa evolucionar en la madurez de la gestión, y a su vez aplicar herramientas de la estrategia de Lean Manufacturing.

En primer lugar el concepto de Producción 4.0 es una evolución de paradigma TIC (Tecnología Informática y Comunicaciones) que viene condicionando los procesos de acumulación desde principios de los años setenta (Brixner et al, 2019). A partir de esta perspectiva se iniciaría una nueva trayectoria, cuyo rasgo diferencial sería el funcionamiento sistémico de los componentes que integran la Producción 4.0. Estos componentes tecnológicos según la literatura consultada son los siguientes:

- Internet de las Cosas / Internet of Things (IoT),
- Inteligencia Artificial,
- Impresión 3 D,
- Integración de sistemas y conectividad,
- Blockchain,
- Data Analytics,
- Cloud computing,
- Cobots o Robots colaborativos,
- Gemelo Digital,
- Ciberseguridad,
- Big Data

Por otro lado, este trabajo aborda conceptos relacionados a gestión madura de las empresas dada por la presencia de tableros de comando de operaciones y tableros de comando de gestión. Este sentido podemos comenzar afirmando que tradicionalmente se consideran una serie de indicadores para evaluar la gestión, en general productividad, eficiencia, volúmenes de producción, costos, etc.

Estos terminan siendo Indicadores estáticos, parciales y desintegrados de la estrategia de la empresa, y se consideran los procesos como una serie de actividades desintegradas. Actualmente en el contexto del paradigma de la Producción 4.0 implementar sistemas de gestión integrados parece una tarea mas sencilla.

Por ejemplo Deming, aconseja en contra del uso de evaluación de performance basada solo en resultados y no en el proceso. Esto que podría resultar en un sistema de evaluación poco claro, y difícil de entender, es resuelto con la aplicación del concepto de tablero de comando.

A partir de los años 80, pasa a ser además de un concepto práctico, una idea académica, ya que hasta entonces el entorno empresarial no sufría grandes variaciones, la tendencia del mismo era estable, las decisiones que se tomaban carecían de un alto nivel de riesgo

Un tablero de comando, o dashboard es una organización sistemática de la información, destinada a facilitar el ejercicio de las responsabilidades dentro de la Organización.

Está estructurado bajo el concepto de responsabilidad por los resultados. Es una síntesis de las actividades que se controlan y refleja la estructura de la organización y el grado de descentralización

Por último debemos mencionar la importancia de la Estrategia de Lean Manufacturing para las empresas industriales

2. MODELO A APLICAR

La implementación de este proyecto brinda la posibilidad de alinear el desarrollo de las actividades del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento (EMU – Engineering Maintenance Unit) con el programa de Manufactura Integrada de Excelencia (IMEx - Integrated Manufacturing Excellence) y tener de “forma visual y en tiempo real” información sobre el estado de las líneas productivas, las instalaciones críticas de HVAC y los servicios de planta para tomar decisiones correctas en el momento correcto basados en información confiable, brindar pronta respuesta a cualquier desvío en parámetros críticos de operación que pongan en riesgo la calidad del producto y principalmente pasar a accionar de manera proactiva en lugar de reactiva en el

servicio de mantenimiento brindado a la planta, contribuyendo de esta forma a mantener la disponibilidad de los equipos e instalaciones y garantizar la continuidad del negocio.

➤ **ANDON “MANUFACTURA + EMPAQUE”**

Información en tiempo real del estado de los equipos productivos del área de Manufactura (Comprimidoras) y Empaque Primario (Blisteras) y Secundario (Estuchadoras + Balanzas Dinámicas + Agrupadores + Finales de Línea). Se podrá visualizar el estado de equipo, el producto que se está acondicionando, el número de lote productivo, la cantidad de unidades producidas, y el cálculo instantáneo de la Eficiencia Operativa Global del Equipo (OEE – Overall Equipment Effectiveness)

➤ **ANDON “SERVICIOS CRITICOS DE PLANTA”**

Información en tiempo real del estado de las instalaciones asociadas al acondicionamiento del Aire en Áreas Productivas (HVAC – Heating Ventilation Air Conditions), los equipos generadores de agua enfriada, la planta generadora de vapor de alta y sus estaciones reductoras de presión, la planta de generación de Agua Purificada y la planta de generación de Aire Comprimido Libre de Aceite.

Dependiendo la instalación que se está monitoreando, el equipo o el cuarto cambia de color verde a rojo y la variable que esta desviada titila en color rojo. Esto sumando a un sistema de aviso automático permite pasar de operar de forma reactiva a proactiva y es clave para evitar desvíos o afectar productos y/o procesos productivos.

➤ **ANDON “ENERGIA DE PLANTA”**

Información en tiempo real de los distintos servicios de planta como ser la Energía Eléctrica, el Aire Comprimido y el Vapor. Se pueden visualizar en tiempo real los consumos y segregarlos por sector y por rubro. Esto es clave para la gestión eficiente de energía ya que como sabemos, lo que no se mide no se puede controlar y lo que no se puede controlar no se puede mejorar.

3. JUSTIFICACIÓN

Para armar el caso de negocio y presentarlo a la gerencia se hizo relevamiento de los equipos, las instalaciones, los servicios críticos y los procesos de la planta productiva. Adicionalmente se analizó la metodología de trabajo utilizada por el departamento de Mantenimiento para hacer frente a la rutina diaria necesaria para mantener en funcionamiento el proceso productivo.

Con el análisis de los datos relevados se detectaron algunos aspectos interesantes, dentro de los cuales podemos destacar:

- Tareas que no agregan valor
- Recorridas no STD, registro manual de datos, información no relevante.

- Complejo acceso a la información sobre el estado de las líneas, instalaciones y servicios de planta.
- Para conocer el estado es necesario ingresar a un sistema o concurrir físicamente.
- Respuesta reactiva basada en reclamos de los operadores de las líneas, instalaciones y servicios de planta.
- Al ser respuestas reactivas, ya está presente el problema y por lo tanto las acciones a tomar son correctivas y generalmente tienen impacto en la operación.
- Falta de información en tiempo real del estado de líneas, instalaciones y servicios de planta.
- Falta de un sistema de control visual de estado de líneas, instalaciones y servicios de planta.

4. DESARROLLO DEL CASO

Teniendo claro los inconvenientes y basándonos en las nuevas tendencias de Producción 4.0 en lo relacionado a la integración de los sistemas mecánicos, electrónicos, informativos y de comunicación de para generar cambios disruptivos que transformen los procesos productivos y los hagan más eficientes.

Se trabajó en la integración de los equipos productivos existentes con tecnologías de la información y comunicación para realizar la captura de los datos y su procesamiento con el fin de transformarlos

en una herramienta que elimine las tareas que no agregan valor, maximice las tareas que si agregan valor y principalmente facilite el trabajo diario del equipo de Ingeniería y Mantenimiento.

Se realizó un trabajo previo de relevamiento y análisis de situación con colegas clave para proponer la mejor solución posible y alinear el desarrollo de las actividades del sector para tener de “forma visual y en tiempo real” la información necesaria para garantizar la continuidad de la operación y la sostenibilidad en el tiempo.

Se formó un equipo de trabajo multidisciplinario liderado desde el departamento de Ingeniería y Mantenimiento con la participación estelar del equipo de Sistemas para la selección del equipamiento necesario, la captura de los datos de los distintos equipos y la configuración del sistema para mostrar lo que necesitábamos ver. Adicionalmente el soporte constante de los colegas claves del área de Producción que son los que tiene el conocimiento y la experiencia de los equipos productivos.

Dentro de las principales tareas llevadas adelante por el equipo podemos mencionar:

- Relevamiento de requerimientos de usuario. (URS).
- Coordinación de reuniones periódicas para hacer seguimiento y coordinación del proyecto.
- Benchmarking con otras plantas que ya habían implementado IMEx:
 - Programa de Gestion Visual (Visual Management).
 - Programa de Gerenciamiento de Datos (DDPM “Data Driven Performance Management”).
- Preparación del caso de negocio para presentación a la Dirección.
- Desarrollo de Ingeniería conceptual, básica y de detalle para la implementación del proyecto.
- Generación de especificaciones técnicas para adquisición del equipamiento necesario.
- Análisis de ofertas, comparativas técnico económica y selección de proveedores.
- Planificación, coordinación y supervisión en campo de contratistas.
- Coordinación con las distintas áreas de la organización.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Con la implementación de este proyecto se logró tener de “forma visual y en tiempo real” información sobre el estado de las líneas productivas, las instalaciones críticas de HVAC y los servicios de planta.

Dentro de los principales beneficios obtenidos podemos mencionar:

Nivel Operativo

- Información en tiempo real sobre el estado de líneas, instalaciones y servicios.
- Respuesta proactiva sobre desvíos de parámetros críticos.
- Ahorro de tiempo en registro y seguimiento.
- Facilidad de acceso a la información.
- Uso efectivo del tiempo para mejora e innovación en los procesos e instalaciones.

Nivel Mandos Medios

- Información en tiempo real sobre el estado de líneas, instalaciones y servicios.
- Control de la producción y OEE en tiempo real.
- Ahorro de tiempo en agrupar y validar la información.
- Facilidad para la toma de decisiones correctas basadas en información documentada.
- Mejor servicio hacia clientes internos al accionar de forma proactiva.
- Uso efectivo del tiempo en la articulación interdepartamental.

Nivel Gerencial

- Información en tiempo real disponible desde cualquier lugar.
- Sustento para la toma de decisiones correctas en el momento correcto.
- Generación automática de reportes y cuadros de mando con KPI.
- Uso efectivo del tiempo en temas de alto valor agregado.

Los próximos pasos consisten buscar la forma de escalar la solución implementada para poder facilitarla a la pequeña y mediana empresa, poniendo en evidencia los beneficios de estas

herramientas y su relación directa en los resultados operativos. De esta forma podrán avanzar un paso hacia adelante en lo que respecta a ventajas competitivas y podremos poder contribuir al desarrollo productivo local.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1]- Monden, Y. (1998) Toyota Production Systems, Engineering & Management Press, Estados Unidos.
- [2]-Walas Mateo, F. (2010) implementación de nuevas tecnologías en sistemas Productivos. Impacto sobre los procesos de producción, la Organización y los recursos humanos. X SEPROSUL – Tecnologías innovadoras y Gestión del conocimiento, Santiago, Chile.
- [3] Industria 4.0 : ¿intensificación del paradigma tic o nuevo paradigma tecnoorganizacional? / Cristian Brixner ... [et al.]. - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : ciecti, 2019.
- [4] Basco, A., Beliz, G., Coatz, D. y Garnero, P. (2018). industria 4.0: fabricando el futuro. bid-intal-úa.
- [5] Kaplan, R, Norton, D. (1996) Balanced Scorecard: Translating strategy into action. Harvard Business School Press.
- [6] Villaseñor Contreras (2008) Conceptos y reglas de Lean Manufacturing, Limusa
- [7] Walas Mateo, F., Gainle, G. Una aproximación a la metodología CIM (Manufactura Integrada por Computadora) y la necesidad de la articulación entre tecnología y cambio cultural de la organización en PyMEs argentinas

Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires

Mg. Ing. Lucas Damián Herrero

*Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina
herrerolucas@hotmail.com*

RESUMEN.

Generamos una metodología de evaluación de impacto ambiental del transporte en AMBA, para así actuar reduciendo sus efectos mediante la aplicación de las acciones y políticas ambientales apropiadas, y verificar el verdadero impacto de las mismas.

Nos centraremos en el análisis de la calidad de aire y sus relaciones causa-efecto con distintos factores. La idea es analizar los principales factores de contaminación, cuantificando las relaciones causa-efecto, y cruzando con recursos y necesidades, para, que luego de este análisis, plantear diferentes alternativas de acciones destinadas a minimizar los efectos contaminantes que actúan empobreciendo la calidad del aire.

Esto es para generar acciones estratégicas que minimicen el fracaso de las mismas. Hoy día existe información sobre las mediciones de contaminación en AMBA.

La metodología no solo apunta a la comparación con los estándares internacionales, sino también a sistematizar el cálculo de los costos requeridos para lograr tales niveles, en caso de no alcanzarlo, y calcular la desviación en distintos escenarios, realizando una estimación de las ganancias de descontaminar. Se compararán los beneficios sobre la salud, o estrategias destinadas a mejorar la calidad del aire a partir las soluciones a analizar bajo esta metodología.

Este trabajo se realiza en cooperación con Litro de Luz Argentina, Ganador del Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Palabras Claves: metodología; medio ambiente, impacto, transporte, Ciudad de Buenos Aires.

ABSTRACT

We generate a methodology for evaluating the environmental impact of transportation in AMBA, in order to act reducing its effects by applying the appropriate environmental actions and policies, and verifying their true impact.

We will focus on the analysis of air quality and its cause-effect relationships with different factors. The idea is to analyze the main pollution factors, quantifying the cause-effect relationships, and crossing with resources and needs, so that, after this analysis, propose different alternative actions aimed at minimizing the polluting effects that act impoverishing air quality .

This is to generate strategic actions that minimize their failure. Today there is information on pollution measurements at AMBA.

The methodology not only aims at comparing with international standards, but also at systematizing the calculation of the costs required to achieve such levels, if not reached, and calculating the deviation in different scenarios, estimating the gains from decontaminating . The health benefits or strategies aimed at improving air quality will be compared based on the solutions to be analyzed under this methodology.

This work is carried out in cooperation with Litro de Luz Argentina, Winner of the Green Latin America Award - Sustainable Cities 2019.

Keywords: methodology; environment, impact, transportation, City of Buenos Aires

1. INTRODUCCIÓN

Establezcamos el concepto de contaminación. Se trata de la impregnación del aire, el agua o el suelo con productos tóxicos que afectan tanto la salud humana y su calidad de vida como el funcionamiento natural de los ecosistemas.

Si bien a partir del 2016 se empezó a trabajar en un nuevo Código Urbanístico porteño, hay que pensar que hay un tema que en la Ciudad de Buenos Aires no podemos pasar por alto.

La contaminación del aire causa en nuestro país casi 15000 muertes cada año. La mayor parte de las muertes se debe a cardiopatías isquémicas, es decir, a la interrupción de la circulación de las arterias que nutren de sangre al corazón y que puede conducir al infarto.

Los datos son de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que en su página interactiva “Breathlife” permite medir on-line el nivel del particulado dañino en 3.000 ciudades del mundo, entre éstas, Buenos Aires, arrojando un dato preocupante “14,763 Annual Deaths from air pollution”. La Capital Federal de la Argentina muchas veces arroja niveles por encima de un 40 % de aire respirable considerado seguro por la OMS.

La contaminación ambiental abarca un amplio espectro, que involucra al aire (ya sea con productos y/o sonora), al agua y al suelo. Las fuentes principales de donde provienen los agentes contaminantes antropogénicos son las fuentes móviles y las fijas. Las primeras la conforman los vehículos de motor que funcionan con distintos tipos de combustibles derivados del petróleo y las segundas son las industrias, con sus diferentes producciones, incluyendo las plantas productoras de energía.

En cuanto a la contaminación del aire o atmosférica, que es el caso a estudiar, nos basaremos en la quema de combustibles fósiles por el parque automotor de la Ciudad de Buenos Aires.

Es tan importante el tema de la conservación ambiental que desde hace más de 30 años la preocupación ya ha tomado connotaciones mundiales. En estos últimos tiempos se está convirtiendo en uno de los objetivos fundamentales de la humanidad. La prueba está en los foros mundiales que se realizaron en Río de Janeiro en 1992, en Tokio en 1997 y en Porto Alegre en 2003. Los casos de China y Mexico DF fueron casos de estudio en estos foros.

La Ciudad de México es considerada una de las ciudades más contaminadas del planeta. La contaminación es un gran problema que aumenta día a día y que afecta a sus habitantes y al medio ambiente. Comenzó aproximadamente en los años setenta y ochenta y continuó aumentando progresivamente hasta la actualidad. Hasta ahora no ha habido ninguna solución que acabe con el problema.

Los vehículos son una de las fuentes más importantes de contaminantes del aire en la Ciudad de México por eso la Secretaría del Medio Ambiente cuenta con dos programas para asegurar que los vehículos que circulan en la Ciudad de México tiendan a una menor emisión posible de contaminantes. Estos programas son “verificación vehicular” y “el hoy no circula”.



Figura 1: Smog en el fondo de la ciudad de México.

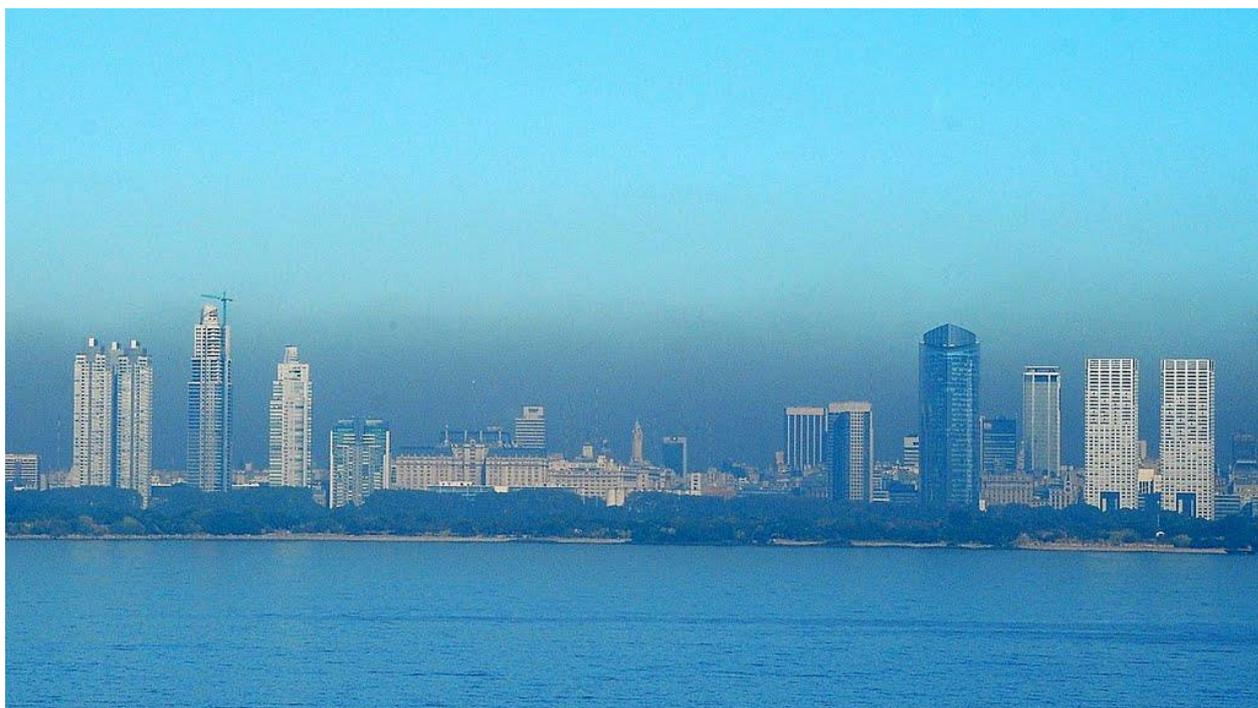


Figura2: Smog en el fondo de la ciudad de Buenos Aires

La falta de políticas de prevención y control ambiental se refleja en la ciudad de Buenos Aires, que se ubica entre las ciudades que registran una contaminación que puede ser perjudicial para la salud.

El nivel de las partículas contaminantes PM 2,5, conocidas como finas porque son las más pequeñas y por ende más nocivas, ya que pueden penetrar directamente en los pulmones. Las altas concentraciones de estas partículas finas se asocian con un gran número de muertes causadas por infartos y ataques cerebrales.

El aire porteño excede el nivel que la OMS considera "razonable": lo aceptable para el organismo es que haya una media anual de hasta 10 microgramos por metro cúbico, pero en la ciudad Buenos Aires está en 16.

CABA tiene una menor cantidad de partículas contaminantes que Quito, Asunción, San Pablo, Caracas, México DF, La Paz, Santiago de Chile; Bogotá y Río de Janeiro, aunque mayor cantidad que Guadalajara y San José de Costa Rica, si se toman algunas de las grandes ciudades de la región.

"Muchos centros urbanos están actualmente tan envueltos en aire sucio que la silueta de sus edificios es invisible", lamentó Flavia Bustreo, directora general adjunta de la OMS, quien destacó el peligro de este aire para la salud.

A través de un comunicado se señaló que "la contaminación del aire está empeorando". Y la directora de Salud Pública en la OMS, María Neira, sentenció. "La situación es dramática".

Lo que nos lleva a pensar ¿Cómo es la exigencia de normativa en Argentina en relación con los demás países?

Teóricamente, en una combustión perfecta, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire y el resultado es la producción de calor, luz, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (H₂O). Pero las impurezas del combustible agregado a una imperfecta relación de la mezcla del aire y el combustible y/o con temperaturas de combustión demasiado altas o bajas, causan la formación de agentes contaminantes del aire tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado en suspensión (MPS), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros tales como los aromáticos (benceno, tolueno y xileno) de los cuales aún no se tienen medidas de las emisiones y son contaminantes peligrosos para la salud.

La razón por la que los motores de combustión interna contaminan es porque el combustible diésel y la gasolina contienen impurezas que se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NO_x SO₂ CO pm CO₂ y H₂O e hidrocarburos. Si se quemara todo el combustible y este no tuviera impurezas, las únicas emisiones serían anhídrido carbónico, no tóxico, oxígeno y agua.

La relación teórica aire gasolina que la quemaría toda es 14,7:1 y esa es la relación que usa un convertidor catalítico de gasolina porque el diésel siempre tiene aire en exceso por eso no reduce los NO_x.

Combustión completa:



Combustión incompleta:



Por otro lado también contribuye a la contaminación del suelo, debido a los residuos de las llantas en los pavimentos.

Existen estadísticas de distintas partes del mundo que señalan los porcentajes de contaminación donde se pone de manifiesto cuál es la participación de las distintas actividades humanas en las emisiones al aire de productos tóxicos. En general en las ciudades, el principal responsable de la pérdida de calidad del aire lo constituyen las fuentes móviles, con una cifra que oscila entre el 75 % y 80 % del total de la contaminación. Conviene destacar que estas fuentes móviles contribuyen con más del 70 % del monóxido de carbono (CO), con más del 50 % de los hidrocarburos (HC) y con alrededor del 45 % de los óxidos de nitrógeno (NO_x) del total que emite al aire cada una de las fuentes contaminantes.

2. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE

A través de la inhalación de los dos tipos de partículas, gruesas (PM₁₀) y finas (PM_{2.5}) se acumulan en el sistema respiratorio y produce efectos nocivos sobre la salud. La exposición a las partículas gruesas provoca un agravamiento de las vías respiratorias especialmente a los que tienen asma. Las partículas finas también están asociadas a este tipo de problemas. Se traduce en incrementos en las admisiones hospitalarias y en las visitas de emergencia a los consultorios, en enfermedades

de corazón y de pulmón, malestares crecientes en los síntomas respiratorios, deterioro y cambios en la función pulmonar que pueden provocar la aparición de muerte prematura. Los grupos de personas con mayor riesgo de padecer tales efectos son los ancianos, los niños y aquellos individuos con problemas cardiopulmonares tales como el asma.

La mayoría de los efectos nocivos provocados en la salud surgen de las partículas finas y ultrafinas (PM2.5 y PM1) que provienen de fuentes primarias y procesos secundarios por suma e interacción con otros gases contaminantes como se dijo más arriba. Estas partículas finas permanecen por mucho tiempo flotando en el aire y al aspirarse, endurecen las celias (velocidad que sirve de filtro en las vías respiratorias) por lo que pasan directamente, intensificando el daño.

El monóxido de carbono es inodoro e incoloro y en altas concentraciones es un gas venenoso. Se origina cuando el carbón que está en el combustible, no se quema completamente. Es un componente de los escapes de los vehículos motorizados. Contribuye con alrededor del sesenta por ciento de todas las emisiones de CO. Las mayores concentraciones de este gas se producen en áreas de fuerte congestión de tránsito, especialmente en las ciudades con un porcentaje más alto aún. Los problemas se agudizan cuando se forman los picos de concentración. Estos ocurren típicamente en los meses fríos del año porque las emisiones de los vehículos son mayores y en los momentos en que se generan las condiciones de inversión, donde el aire contaminado es atrapado cerca de la superficie del suelo, debajo de una capa de aire caliente. Este fenómeno es más frecuente que se produzca en la noche.

El monóxido de carbono entra en la corriente sanguínea a través de los pulmones y reduce el oxígeno liberado por los órganos y tejidos del cuerpo. Tiene una alta capacidad de reacción con la hemoglobina, y afecta el transporte de oxígeno al corazón, músculos y cerebro. Con bajos niveles de concentración, quienes están susceptibles de sufrir afecciones son las personas que sufren de enfermedades coronarias. En altas concentraciones y con altos niveles de exposición el CO afecta también la salud de gente sana. Además, genera mayores admisiones hospitalarias, efectos negativos en la conducta, en el desarrollo mental y en las circunstancias perinatales. También produce otros efectos nocivos cardiovasculares.

3. METODOLOGIA

La metodología debe estructurarse con base a la caracterización y evaluación del sistema automotor de Ciudad de Buenos Aires, debe partir un poco de la tomar en cuenta la ausencia de una estrategia de ordenamiento logístico. De esta manera, la metodología que se desarrolla responde a la necesidad de proponerle a la ciudad un modelo de ordenamiento logístico de carácter indicativo. Si bien la metodología puede empezar a estructurarse con la caracterización y evaluación del sistema logístico de la ciudad la realizaremos sin tomar en cuenta esta premisa, y solo como una mera metodología de estudio de impacto.

Lo primero que tomaremos en cuenta es lo referente a la LEY N° 1356/04 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, sobre "Calidad Atmosférica", tomando el Artículo 34 *"La Autoridad de Aplicación debe implementar un programa de monitoreo permanente, continuo y sistemático de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas, que permitan conocer la variación de la concentración o nivel en el tiempo para las zonas que se determinen en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los datos provenientes del mismo deben publicarse en forma trimestral como máximo, en el Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en la página de Internet del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El programa de monitoreo permanente de contaminantes debe incluir criterios sobre la calidad de los datos, métodos de referencia validados internacionalmente para muestreo y análisis de contaminante"*

Esto claramente pone hacedor de los programas de monitoreo al estado, por lo cual podríamos decir que no tienen sentido lo que pongamos ya que es de responsabilidad pública, pero no es esta la idea de esta metodología. La idea es el poner en conocimiento las distintas metodologías, y comparar con las utilizadas actualmente, para validarlas, o poder presentar los organismos competentes.

Si queremos partir de una metodología valedera, partiremos de los 4 puntos de medición de calidad de aire que existen hoy día (La Boca, Centenario, Recoleta, Palermo) que mide:

- CO (Monóxido de Carbono en PPM - partes por millón, promedio de las 8 horas anteriores)
- NO2 Dióxido de Nitrógeno (en PPB - part per billion - miles de millones) - Promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- PM10 Material Particulado respirable menor a 10 micrones (en µg/m³ – microgramo por metro cúbico) - Promedio móvil 24 horas - promedio 24 horas anteriores

Se deberá también analizar cuáles son los periodos de tiempo, y bajo qué condiciones climáticas, se realiza la mayor concentración de material nocivo.

Los pasos propios de la metodología de estudio que se propone será:

- **Selección de la zona de estudio:** Para la selección de la zona de estudio se realizará un análisis sobre las rutas y en basándonos en la época del año y condiciones climáticas, se analizará el nivel de contaminación atmosférica que en él se produce debido al tráfico vehicular.

Alto a tener en cuenta es la Estabilidad atmosférica. Para la evaluación de las condiciones de estabilidad en la zona de estudio se utilizarán los datos meteorológicos. Estos datos se procesarán para obtener la distribución conjunta de velocidad y dirección del viento por estabildades, utilizando la variabilidad en la dirección del viento (σ).

- **Selección de los puntos de medición para las variables ambientales:** Luego de seleccionar la zona de estudio, se seleccionarán los posibles puntos de medición para las variables ambientales más significativas (monóxido de carbono; y partículas PM10 y PM2.5). Se analizarán estos factores por ser los más nocivos.
- **Estimación de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base mediciones históricas, y al modelo que se adapte, se realizará una estimación teórica de contaminantes.
- **Estimación de la calidad del aire en la zona de estudio:** Tomando en cuenta el punto anterior, las condiciones climáticas y épocas del año.
- **Medición de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base a estas estimaciones, se determinarán los periodos de criticidad para hacer las mediciones.
- **Concentración de contaminantes en la zona de estudio:** Utilizando los protocolos y normativas de la zona a analizar. En nuestro caso CABA. Pudiendo utilizar como referencia el Estudio de Partículas Suspendidas en ambiente de trabajo según Art 61, Anexo III, Dec 351 y Anexo IV, Resolución 295/03, y/o lo referido a las leyes N° 123/98 y N° 1356/04 de Ciudad de Buenos Aires.
- **Modelación de la calidad del aire en la zona de estudio:** se podrá implementar del software Breeze de modelación de la calidad de aire para material particulado. Y modelación de la calidad del aire con el modelo de dispersión CALPUFF ó AERMOD.

3.1. costos medioambientales

También se tendrá que establecer un procedimiento que permita la gestión de los costos medioambientales que satisfaga las necesidades de la investigación, fundamentalmente en el proceso de toma de decisiones para las futuras mejoras a proponer.

- Valorar el estado de la ciencia sobre la contabilidad de gestión medioambiental y la necesidad de su aplicación.
- Definir elementos, requisitos y procedimientos para el diseño y validación del procedimiento para la gestión de los costos medioambientales.
- Validar el procedimiento diseñado en base a los modelos de estimación y medición.

4. CONCLUSIONES

La Ciudad de Buenos Aires requiere de una metodología para estudio de impacto ambiental en el plan integral de transporte, que contemple todos los aspectos de la vida de la población con sus necesidades de movilidad y accesibilidad para desarrollar eficientemente sus actividades (socio-cultural, económico, educacional, recreativo, de salud, etc) en un ambiente descontaminado. Es decir, el sistema debe estar al servicio de la población, sin externalidades que la afecten negativamente.

Esto permite simular el verdadero impacto de la instrumentación de luminarias solares en las grandes urbes, tomando en cuenta que las luminarias de Litro de Luz Argentina, al ser reemplazo de luminarias públicas de similares características en la prestación, disminuye 200Kg de carbono en base a la alimentación por generación eléctrica por combustibles fósiles. Esta demostración fue parte de la investigación realizada por dicha Asociación para lograr el Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Es deber de nosotros, los profesionales de la ingeniería, estudiar y proponer alternativas de mejoras a los organismos responsables, no por un simple deber laboral, sino por un deber cívico y de honor, que debemos poner nuestro conocimiento para mejorar la calidad de vida de los demás.

REFERENCIAS:

Conesa Fernández, Vicente. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Mundi Prensa, Madrid.

Corea y Asociados, S.A. (2008) Manual para la elaboración Términos de Referencia de Estudios Ambientales. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), División General de Planificación.

Decreto Ejecutivo 76-2006. (2006) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. República de Nicaragua.

Espinoza, Guillermo. (2005) Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo, BID Centro de Estudios para el Desarrollo, CED Santiago Chile.

Hunt, David. (1996). Sistemas de Gestión Medioambiental. Editorial McGraw Hill.

Rafael Cal y Mayor (2008) Ingeniería de Tránsito “Fundamentos y Aplicaciones”. James Cárdenas G. Alfaomega, 8va. Edición.

Cádiz Deleito, J.C. (1994): “El transporte y la contaminación. Posibles estrategias y soluciones”, Ciudad y Territorio, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

Azqueta Oyarzun, Diego (1994) “Valoración económica de la calidad ambiental”, McGraw-Hill, Madrid.

Bullaude, Andrés (2001), “Información general. Contaminación del aire.” (Dirección de Saneamiento y Control Ambiental, Gobierno de Mendoza)

Chaparro, Juan (2000) “Planeación estratégica en ciudades: un modelo emergente para el Estado de México. Toluca, México” Instituto de Administración Pública del Estado de México.

Güell Juan Manuel (2006) “Planificación estratégica de ciudades: nuevos instrumentos y procesos” Barcelona, Reverté.

OECD - Programme of Research on Road Transport and Intermodal Linkages. Summary of the OECD report, delivering the goods-21st century challenges to urban goods transport, Logistics System For Sustainable Cities, Madeira, Elsevier

BESTUFS (2007). Guía de buenas prácticas sobre el transporte urbano de mercancía.

UK Round Table on Sustainable Development. Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, London, UK, Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, 2007.

La capacitación como estrategia de inserción en la economía del conocimiento

Tavella, Marcelo Andrés; Olivo Aneiros, Federico

Centro de Investigación y Transferencia en Tecnologías y Estrategias para el Desarrollo, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
marceloandrestavella@gmail.com, folivoaneiros@gmail.com

RESUMEN

La Secretaría de Extensión Universitaria en conjunto con el Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Córdoba (FRC), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), como respuesta al compromiso asumido en facilitar el acceso de todos los sectores y actores sociales a las nuevas tecnologías, diseñaron una diplomatura con modalidad virtual para que oficie como una innovadora estrategia de capacitación.

La Diplomatura en Nuevas Tecnologías, que cuenta con el reconocimiento de UNESCO, está orientada a difundir y aportar conocimientos sobre las nuevas tecnologías que forman parte de la denominada 4º Revolución Industrial, la cual viene marcada por los fenómenos de conectividad y accesibilidad a la informática aplicada, utilizando la nube como principal elemento de soporte.

Para ello se diagramaron seis módulos, con una carga horaria de doscientas veinticuatro horas, que buscan fomentar y acercar a los interesados a la vida tecnológica como una herramienta más para enfrentar los desafíos del futuro y el presente.

Entre sus objetivos se destacan estimular a los jóvenes ciudadanos para acercarse a la ingeniería y a la tecnología y prepararlos para un futuro mejor, promoviendo, a través de la educación, mayores oportunidades laborales que el mercado demanda.

Habiéndose iniciado el dictado el 27 de Julio de 2020, en el trabajo se presentan los resultados de la evaluación concurrente del impacto del programa.

Palabras Claves: Nuevas tecnologías, 4º revolución industrial

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

The Secretariat of University Extension in conjunction with the Department of Industrial Engineering of the Facultad Regional Córdoba (FRC), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), in response to the commitment assumed in facilitating access of all sectors and social actors to new technologies, designed a diploma with virtual modality to serve as an innovative training strategy.

The Diploma in New Technologies, which is recognized by UNESCO, is aimed at disseminating and providing knowledge about the new technologies that are part of the so-called 4th Industrial Revolution, which is marked by the phenomena of connectivity and accessibility to applied computing, using the cloud as the main support element.

For this, six modules were diagrammed, with a workload of two hundred and twenty-four hours, which seek to promote and bring those interested in the technological life as one more tool to face the challenges of the future and the present.

Its objectives include stimulating young citizens to approach engineering and technology and prepare them for a better future, promoting, through education, greater job opportunities that the market demands.

Having started the dictation on July 27, 2020, the work presents the results of the concurrent evaluation of the impact of the program.

Keywords: New technologies, 4th industrial revolution

1. INTRODUCCIÓN

La Diplomatura en Nuevas tecnologías surge de la necesidad de acercar al público en general a las nuevas tecnologías que forman parte de la denominada 4^o Revolución Industrial, la cual viene marcada por los fenómenos de conectividad y accesibilidad a la informática aplicada utilizando la nube como principal elemento de soporte [1, 2].

Para ello se diagramaron diferentes módulos que buscaron fomentar y aproximar a los jóvenes a la vida tecnológica, como una herramienta más, para enfrentar los desafíos del futuro ya presente.

Los ingenieros en el país cada vez son menos. Según el Centro de Estudios de Educación Argentina, perteneciente a la Universidad de Belgrano, egresan anualmente ocho mil alumnos frente a los treinta y cuatro mil graduados de carreras sociales como la abogacía y psicología, y la meta de tener un ingeniero cada cuatro mil habitantes está lejos, hoy tenemos uno cada 6300 habitantes, muy por debajo a los números que consigue China, un ingeniero cada 2000 habitantes [3].

La UTN reúne cerca de la mitad de los estudiantes de ingeniería del país, lo que implica no solamente que cumple un rol principal en la educación de profesionales de la ingeniería, sino también una enorme responsabilidad, tanto por la calidad de la formación que imparte, como en su capacidad para convocar a los jóvenes y acercarlos al mundo tecnológico.

Entendiendo que uno de los aspectos más delicados de la 4^o Revolución Industrial es el desempleo tecnológico [4], la UTN FRC busca que los jóvenes se familiaricen con las nuevas tecnologías, acercándoles propuestas interesantes para ellos y su entorno, con la finalidad de desmitificar la idea de que las carreras tecnológicas son complejas y aburridas e incrementando, como consecuencia, la cantidad de alumnos en cada una de las especialidades de la ingeniería, brindando de este modo la formación profesional que el mercado hoy demanda.

2. DESARROLLO

En función de los antecedentes mencionados, La Secretaría de Extensión Universitaria en conjunto con el Departamento de Ingeniería Industrial de la FRC de la UTN decide diseñar una diplomatura en nuevas tecnologías. El objetivo principal del programa fue estimular a los jóvenes ciudadanos para acercarse a las ingenierías, haciendo conocer a la Universidad a través de las distintas formaciones, incentivando a los jóvenes ciudadanos para un futuro mejor, promoviendo a través de la educación, mayores oportunidades laborales que el mercado demanda.

Entendemos esta diplomatura como parte de la democratización del conocimiento, ya que fue diseñada para el público general, mayor a 15 años, que quiera indagar, aprender y comprender las nuevas tecnologías, sin ningún tipo de requerimiento o requisito previo de conocimiento en la temática mencionada

La metodología de cursado fue cien por ciento virtual, tomó carácter internacional (representación en más de 8 países) y tubo más de 23.000 personas inscriptas

La Diplomatura consta de seis (6) módulos, con una carga horaria de doscientas veinticuatro (224) horas distribuidas de la siguiente manera:

Doscientas (200) horas teóricas en forma virtual, programadas en dos clases virtuales de 4 hs semanales y otras veinticuatro (24) horas prácticas también virtuales, para las que se entrega material de lectura y ejercicios prácticos para resolver a distancia.

Cada módulo tiene una instancia de evaluación y su correspondiente instancia de recuperación. Tanto la evaluación como la recuperación dependen de los requerimientos de cada módulo en particular, pudiendo evaluarse en base a la participación en el mismo, resultados de la resolución de las consignas instruidas por los docentes, ejercicios prácticos o evaluaciones teóricas a definir.

Todos los módulos fueron dictados empleando metodología de seminario-taller, fomentando la participación activa de los asistentes a través del análisis de casos y lectura de material de estudio.

El pensum académico curricular contempló los siguientes tópicos: introducción a la programación, operación y manejo de drones, introducción a la robótica, Internet de las cosas, impresión 3d y realidad aumentada. La particularidad de esta diplomatura es que el dictado de los módulos se realizó a través del canal de YouTube de la Secretaria de Extensión Universitaria de forma masiva y se cursó de dos maneras: ON-LINE (con la posibilidad de interactuar con el docente y realizarle preguntas, dudas o consultas.) y OFF-LINE (sin interactuar con el docente).

Esta modalidad nos permitió, primero garantizar la democratización del conocimiento (transferencia del conocimiento de forma gratuita), ya que el dictado fue libre, gratuito y masivo. Segundo, la certificación de cada módulo de modo independiente (examen por cada módulo), permitiendo así a cada participante elegir la temática que más le interese, sin tener la necesidad de cursar los demás módulos para la obtención de alguna certificación puntual. Tercero, aquellas personas que aprobaran todos los módulos, pudieran acceder al certificado final del Diplomado en Nuevas Tecnologías.

Es importante agregar que, al poder hacerlo de forma asincrónica, mucha gente que trabajaba lo pudo realizar sin problema a su propio ritmo.

3. RESULTADOS

3.1. Participantes

En este apartado se debe mencionar que los participantes son un aspecto clave en esta Diplomatura ya que en ellos impacta la transferencia de conocimiento.

A continuación, se exponen los resultados de los participantes.

En la Figura 1 y la Tabla 1, se expresa la cantidad total de participantes y su distribución por género, que se distingue sin preponderancias.



Figura 1 Participantes por género

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

Género	Cantidad	%
Mujeres	10591	45,11%
Varones	12785	54,46%
Otro	102	0,43%
Total de Participantes	23478	100,00%

Tabla 1 Cantidad de participantes por género.

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

En la Figura 2 y la Tabla 2, se puede observar la distribución de los participantes por su origen, siendo mayoritariamente argentinos.



Figura 2 Origen de los Participantes

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

Origen	Cantidad	%
Argentinos/as	22692	96,65%
Extranjeros/as	786	3,35%
Total de Participantes	23478	100,00%

Tabla 2 Origen de los participantes.

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

En la Figura 3 se muestra la distribución de los rangos etarios de los participantes, donde se distingue que aproximadamente la mitad corresponde a jóvenes menores de 35 años.



Figura 3 Distribución de edad de los Participantes

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

3.2. Evaluaciones

En este apartado se muestran los resultados de las evaluaciones por módulo que integran el programa del Diplomado.

En la Figura 4 se indica la distribución de inscriptos a cada módulo sobre el total de las inscripciones a cada uno de los módulos que integraron el programa, destacándose que el número de inscripciones fue muy superior al número de personas que participaron, como consecuencia de que algunos participantes se inscribieron a varios módulos.

En la Figura 5 se indica la cantidad de participantes que decidieron rendir el examen para certificar sus conocimientos discriminados por cada uno de los módulos.

En la Figura 6 se muestra los porcentajes de los participantes que aprobaron los exámenes y los que no, considerando el total de inscriptos para rendir los módulos.

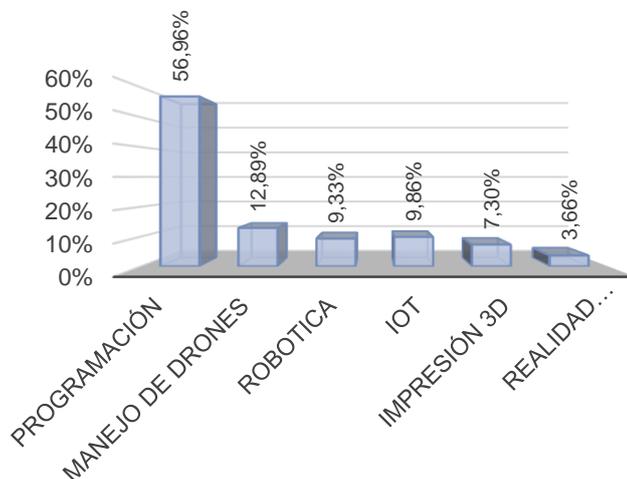


Figura 4 Participantes que cursaron algún módulo de la diplomatura

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

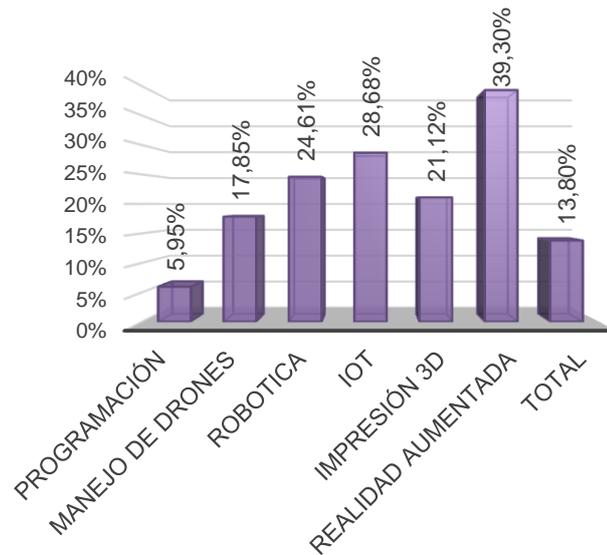


Figura 5 Participantes que rindieron examen

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

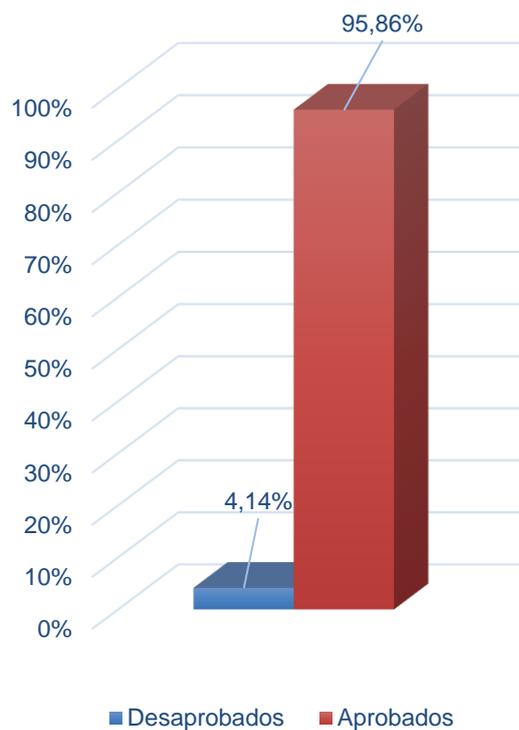


Figura 6 Aprobados y desaprobados

Fuente: Elaboración propia con datos provistos por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC – UTN

Se aclara que el total de participantes que aprobaron los seis módulos accediendo a la certificación final de la Diplomatura en Nuevas Tecnologías fueron solamente 253, lo que representa apenas un poco más del 1 % del total de los participantes del programa.

4. CONCLUSIONES.

Una de las primeras conclusiones que se pueden extraer es que el aprendizaje en el desarrollo de nuevas tecnologías es una temática que le importa a un sector importante de la sociedad, independientemente de su edad, este estudio demuestra el destacado interés que se observa en la sociedad por la formación en tópicos de la economía de conocimiento.

De acuerdo a los resultados observados es factible afirmar que la formación de nuevas tecnologías puede realizarse de forma virtual y masiva, sin disminuir la calidad académica.

También puede distinguirse acorde al bajo número de inscriptos que obtuvo el Certificado de la Diplomatura en Nuevas Tecnología, que el sistema flexible diseñado de inscripción, cursado y certificación por módulo fue acertado en cuanto a la intención de facilitar el acceso al conocimiento, pues si el programa hubiese sido rígido en su concepción, solo un número pequeño de interesados hubiese participado del mismo.

De tal manera se concluye que la diplomatura cumple con la premisa fundamental de garantizar la democratización del conocimiento, objetivo que motivo el reconocimiento otorgado por la UNESCO, sede Montevideo.

Otra consideración es que el sector privado, representado por el Córdoba Technology Cluster y el sector público, a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba, han apoyado esta formación por considerar las temáticas incluidas como prioritarias para el buen desempeño de los recursos humanos en las organizaciones.

Este concepto se reafirma en un relevamiento previo al inicio de la diplomatura realizado por la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC UTN, que indicó que más del 42% del total de empresas socias del Córdoba Technology Cluster, entienden que se beneficiarían a futuro con la formación de recursos humanos relacionados con ellas.

Como ultima conclusión, se observa que es imprescindible que se diseñe, promueva y acompañe como política de estado al sector de las nuevas tecnologías, por ser un área estratégica, generadora de valor agrado y demandante de gran cantidad de capital humano calificado en empleos de calidad.

5. REFERENCIAS.

- [1] Mori Castro, K. (2020). El reto educativo del siglo XXI: el enfoque STEAM en la Cuarta Revolución Industrial. *Futuro Hoy*. Vol. 1. Nro. 1. (19-21). Fondo Editorial de la Sociedad Secular Humanista del Perú. doi: 10.5281/zenodo.4299184. Lima, Perú.
- [2] World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs, employment, skills and workforce strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Cologny/Geneva, Switzerland. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf, Recuperado el 5 de julio de 2021.
- [3] Guadagni, Alieto A. Lima, G. Lasanta, Tito I; Boero, F. (2021) *Panorama de la educación Argentina: la educación y el capital humano en el siglo XXI*- Centro de Estudios de la Educación Argentina. CEA, ene/feb-21. Bs. As., Argentina
- [4] Octavio Islas y Amaia Arribas. (2019). En el tránsito de la Economía del Conocimiento a la Cuarta Revolución Industrial. *Aproximaciones al transhumanismo desde la perspectiva de la Ecología de los Medios. Razón y Palabra*. Vol. 23, nº. 104, enero-abril 2019. e-ISSN 1605-4806. Quito, Ecuador.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Secretaría de Extensión Universitaria de la FRC, UTN, por poner a disposición todos los datos necesarios para la confección del presente trabajo.

Modelo Internacional Online de Industria 4.0 para el Desarrollo Productivo de las PyMES: Caso de Estudio Argentina-México

Lladser, Lucia¹; García, Sara¹; Becerra, Andrea¹; Ruvalcaba, Loecelia^{2*}

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

²Laboratorio Nacional de Geointeligencia, Conacyt-CentroGeo.

lruvalcaba@centrogeo.edu.mx

RESUMEN

Las PYMES son piezas claves de la economía, sin embargo, enfrentan grandes retos para subsistir en un ambiente globalizado que puede dificultar su modernización y acceso a nuevas herramientas de gestión. Una filosofía que se enfoca en la mejora continua de los procesos empresariales, independientemente de su tamaño y complejidad, es Kaizen. 5S es una de las herramientas de apoyo a esta filosofía. 5S mejora la productividad mediante la creación de un entorno de trabajo altamente eficiente, limpio, ergonómico y estandarizado y no requiere una gran inversión. Si a ello, se suma la digitalización, estamos en camino de la aplicación de Industria 4.0. Este trabajo presenta el proceso de internacionalización del programa de desarrollo productivo de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina en dos PYMES del sector metalmeccánica de Aguascalientes, México. Se inicia con la capacitación presencial sobre el programa a trabajadores y directivos de las empresas a intervenir. El proceso, consistente en la selección de los departamentos a mejorar, las propuestas, implementación de las mejoras y seguimiento. Este último se realiza a través de reuniones virtuales quincenales. Este trabajo muestra que, a través de la virtualidad, una vez más, se pueden acercar esfuerzos rompiendo fronteras y salvando distancias colosales. Los resultados dan cuenta del trabajo conjunto y de la satisfacción de directivos y trabajadores al transformar su cultura y entorno de trabajo.

Palabras Claves: Desarrollo productivo online, Kaizen, 5S, industria 4.0, virtualidad.

ABSTRACT

SMEs are key pieces of the economy. However, they have great challenges to survive in a globalized environment, making it difficult to modernize and access new management tools. A philosophy useful for the continuous improvement of business processes, regardless of their size and complexity, is Kaizen. 5S is one tool that helps to support this philosophy. 5S improves productivity by creating a highly efficient, clean, ergonomic, and standardized work environment and does not require a large investment. If digitization is added to this, we are on the way to applying Industry 4.0. This paper presents the internationalization process of the National University of Patagonia San Juan Bosco, Argentina's product development program in two SMEs of the metalworking sector of Aguascalientes, Mexico. It begins with face-to-face training for workers and directives. The process requires select one or more areas for improvement. Next, we define the improvement actions, times, and monitoring schemes. Biweekly virtual meetings are programming for monitoring. We show in this work that it is possible to sum effort, breaks borders and bridges colossal distances. How to result, workers and managers are very satisfied to transform their environment and culture working.

Keywords: Online productive development, Kaizen, 5S, industry 4.0, virtuality.

1. INTRODUCCIÓN

[1] señaló en su Resumen de Políticas Económicas de México que este país tenía uno de los niveles de productividad laboral más bajos en la región, así como una de las mayores brechas de productividad entre las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes). Para hacer frente a este reto el organismo recomendó el reforzamiento del crecimiento de la productividad para reanimar el crecimiento económico y la reducción de la desigualdad. A partir de esto, el gobierno federal mexicano gestionó diversos programas específicos dirigidos a mejorar la situación. Entre estos programas podemos citar: las incubadoras de empresas básicas, un programa de micro franquicias, el fomento de competencias de emprendimiento y la adopción de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

Lo anterior resulta importante porque la economía mexicana está compuesta mayoritariamente por Pymes. En 2019, por ejemplo, estas representaban el 99.8% de las unidades económicas en México con alrededor de 4.9 millones de establecimientos [2]. Al igual que el resto del mundo, las medidas sanitarias implementadas en el país para la contención de la pandemia de la COVID-19 complicaron el panorama para las Pymes mexicanas. En abril 2020, alrededor del 51% de ellas instrumentaron paros técnicos o cierres temporales y el 92% experimentaron afectaciones como la disminución de ingresos y demanda, cancelación de pedidos, menor flujo de efectivo y el aumento de sus costos operativos [3]. Como resultado, el 20.81% de ellas cerraron sus puertas de manera definitiva. Sin embargo, en ese mismo periodo, el nacimiento de Pymes representó el 12.75% de la población de negocios de 2019 [2]. [4] señaló que a nivel mundial México ocupó el lugar número 40 por la magnitud del impacto provocado por la crisis derivada de la pandemia.

En contraparte, la COVID-19 generó también un cambio inercial en el comportamiento de toda la población y aceleró la utilización de procesos digitales y otras tecnologías, sobre todo aquellas tecnologías que permiten interactuar, hacer trabajo de oficina, comprar, promocionar y vender. Pese a ello, la transformación digital y la salud económica son aún asignaturas pendientes para muchas Pymes que creen que esto sólo puede lograrse a través de grandes inversiones iniciales [5].

Este cambio puede iniciarse, sin embargo, a través de la implementación de herramientas que contribuyan a volverlas más productivas y eficientes en el uso de sus recursos actuales. La manufactura esbelta (LM), por ejemplo, es un sistema que le proporciona a las empresas las herramientas necesarias para hacerlo. Como parte de LM, las 5S del método Kaizen promueven una cultura empresarial basada en la idea de que pequeñas acciones, realizadas de forma organizada y continua, pueden contribuir al alcance de objetivos importantes. En este sentido, este trabajo de investigación presenta el proceso de internacionalización online del programa de industria 4.0 de desarrollo productivo de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina, basado en las 5S de Kaizen, en dos Pymes del sector metalmecánica de Aguascalientes, México.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La manufactura esbelta (LM) es un sistema que le proporciona a las empresas las herramientas necesarias para ser más productivas y eficientes en el uso de sus recursos; Kaizen es una cultura de gestión de mejora continua que contribuye a la identificación y eliminación de residuos en los procesos de fabricación [6]; y 5S es una técnica, desarrollada por Hiroyuki Hirano en la década de los 80 en Japón, que busca crear un entorno altamente eficiente, limpio y ergonómico a partir de 5 reglas simples: Seiri (selección), Seiton (sistematización), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (autodisciplina). 5S es prerrequisito para la implementación de otras acciones para lograr mejoras y como paso básico hacia la eliminación del desperdicio. La implementación de esta metodología es responsabilidad de la gerencia y de todo el equipo de empleados [6 y 7].

Existen diversos trabajos de investigación que dan cuenta de la utilización de LM y en particular de Kaizen 5S en diferentes sectores y en diferentes países con resultados importantes. [8] muestran la implementación de la metodología 5S en las Pymes en Reino Unido evidenciando mejoras significativas en seguridad, productividad, eficiencia y limpieza. [9] presentan su experiencia en la implementación de 5S en la optimización del trabajo y la seguridad en los laboratorios de ingeniería de una Universidad mostrando que el control y mantenimiento de los recursos y actividades se realizan en menos tiempo y con una considerable reducción de costos.

[10] presentan la aplicación de 5S en una industria de alimentos y bebidas en Bangladesh logrando beneficios importantes debido al ahorro de espacio y dinero, aumento de la productividad, disminución del rechazo de componentes, entre otros. [11] hacen una revisión metódica de la literatura que da cuenta de las contribuciones de las 5S en diferentes organizaciones y los factores de éxito que enriquecen su implementación, así como los logros de fabricación y obstáculos en el camino de su implementación.

[12] presentan el trabajo realizado para la implementación de la metodología 5S en una celda de manufactura de una empresa metalmecánica convirtiéndola en un lugar seguro para trabajar, aumentando la productividad y reduciendo drásticamente los desperdicios. [13] combinan

5S y tiempos y movimientos logrando mejorar la eficiencia de una fabrica priorizando la seguridad de los trabajadores. [14] implementan 5S en una empresa de logística logrando un aumento de la efectividad, eficiencia y visibilidad de los procesos, mejora de la moral y seguridad de los empleados, reducción de retrasos, tiempos de búsqueda y condiciones peligrosas. [15] realizan un estudio documental de la metodología 5S en el contexto internacional para evidenciar su expansión e importancia en diferentes países destacando el papel de la organización The Association for Overseas Technical Cooperation and Sustainable Patherships de Japón (AOTS) en alianza con la Federación Latinoamericana de Asociaciones AOTS y su papel en el proceso de capacitación de profesionales latinoamericanos.

[16] analizan las tendencias clave del desarrollo de la industria 4.0 en la industria petroquímica y revelan factores que influyen en la eficiencia de la organización de los sistemas de producción. En su trabajo consideran herramientas básicas de mejora de procesos y automatización de procesos, entre las que se incluyen justo a tiempo, 5S y sistemas de información como de planificación de recursos empresariales (ERP), de gestión de cadenas de suministro (SCM), gestión de relaciones con clientes (CRM), entre otros. [6] presentan una herramienta computacional para facilitar e implementar una nueva cultura de gestión empresarial dirigida a las Pymes agroalimentarias, que tiene como objetivo mejorar la organización y la Seguridad y Salud Ocupacional de la industria en Portugal. [17] proponen una expansión de Lean 5S a 6S incluyendo el concepto de seguridad el cual implementaron en un área piloto del laboratorio de una Universidad para alcanzar el objetivo de cero accidentes. [18] implementan 5S en una industria de plásticos de Etiopía resaltando entre los grandes cambios el aumento de la eficiencia y efectividad de los procesos, la mejor del layout, la productividad, la calidad y las condiciones de trabajo.

3. METODOLOGÍA

El Modelo Internacional Online de Industria 4.0 para el Desarrollo Productivo de las Pymes ce centra en la implementación de Kaizen 5S; y consta tres etapas: Diagnóstico, implementación y consolidación (Figura 1):

1. La etapa de diagnóstico permite conocer la situación inicial de la empresa en la que se va a implementar el programa y es crucial para identificar algunas fortalezas, pero sobre todo las áreas de oportunidad que se pueden abordar durante el programa. Para ello se realizan tres pasos: 1) envío de un formulario con preguntas generales a la empresa; 2) realización de un autodiagnóstico para recabar más información de la empresa y reunión de sensibilización con sus representantes; y 3) una segunda visita a la empresa para presentar un Informe del diagnóstico elaborado con las propuestas de mejora en función de los dos pasos anteriores.
2. La etapa de implementación inicia con una visita presencial a la empresa en la que se recorren sus instalaciones, y se imparte un curso de capacitación en Kaizen 5S en el que participan directivos y personal. Después de la capacitación, los participantes plantean los problemas o áreas de oportunidad que identifican en su lugar de trabajo y sugieren actividades de mejora. Los problemas y áreas de oportunidad obtenidos en el paso anterior se registran y priorizan para posteriormente elaborar con ello una lista de tareas y establecer tiempos de atención para ellas. A partir de esta lista de tareas se inicia un proceso de implementación y seguimiento sistemático de las mejoras. Este seguimiento se realiza a través de reuniones virtuales quincenales. En estas reuniones se revisa y actualiza la lista de tareas identificando las acciones implementadas, en proceso de implementación, pendientes y nuevas. Los resultados obtenidos se documentan con fotografías del antes y después.
3. La etapa de consolidación asiste y acompaña a la empresa en el proceso de digitalización y cambio iniciado en la etapa anterior evaluando si los logros obtenidos se mantuvieron o no y si pudieron realizar y profundizar mejoras en el tiempo de manera más autónoma.

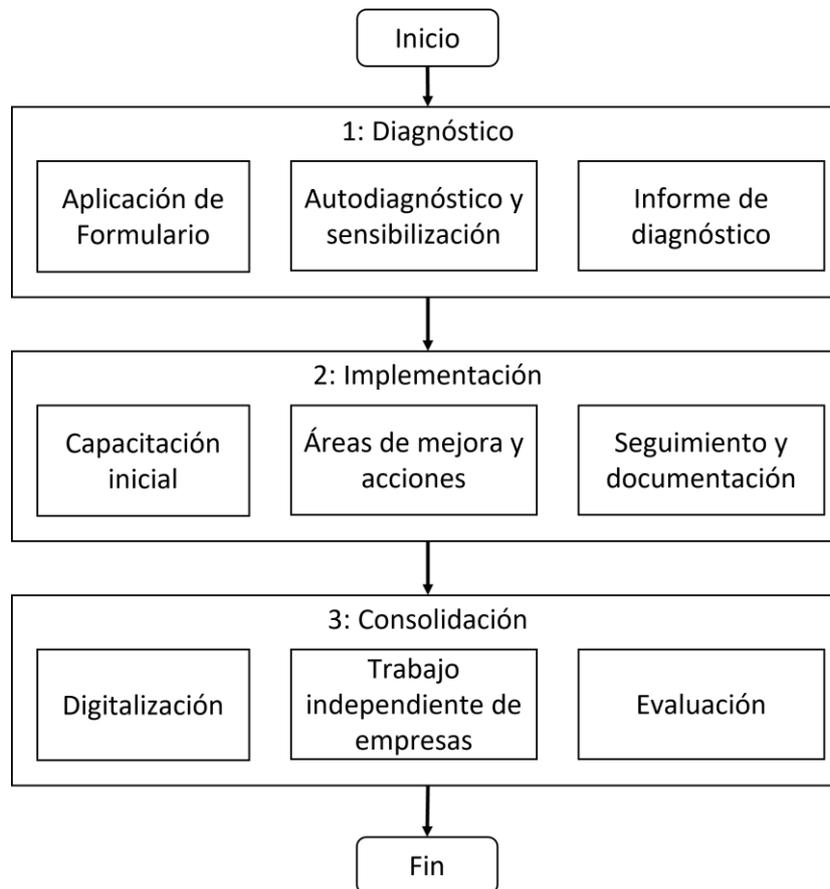


Figura 57. Metodología del Programa de Desarrollo Empresarial

4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

El programa piloto se implementó en dos Pymes del sector metalmecánica de Aguascalientes, México. La selección de estas empresas, así como el seguimiento e implementación del programa en ellas fue resultado de la colaboración internacional e interinstitucional entre la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina, que ha implementado este programa en empresas de su región desde hace varios años; el Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial -CentroGeo, un centro público de investigación del sistema Conacyt; y Desarrollo de Emprendedores A.C. -DESEM, una organización sin fines de lucro dedicada a apoyar el emprendimiento y el desarrollo empresarial en Aguascalientes.

4.1 Etapa de Diagnóstico

En la etapa de diagnóstico, el formulario se centra en identificar las principales actividades de la empresa, su posición frente a sus competidores y los problemas urgentes por resolver de cara al mercado. Mientras que el autodiagnóstico busca, a través de 91 preguntas, diagnosticarla con respecto a las distintas áreas organizacionales (i.e., dirección, administración, recursos humanos, comercialización y producción).

Las dos empresas intervenidas en esta ocasión son microempresas del sector metalmecánica y destinan la mayor parte de sus productos al mercado local y su competencia es a nivel regional. No compiten entre ellas porque están orientadas a distintos mercados: 1) camisas de fundición, fabricación de racks de tratamiento térmico, reparación de racks, maquinados, maquila de lámina, instalación de tuberías, instalación de estructuras metálicas; y 2) fabricación de maquinaria e implementos agrícolas. En ambos casos el área de producción presentó áreas de oportunidad y retos interesantes que fueron abordados a través del programa.

La Figura 2 presenta un ejemplo de los resultados obtenidos en esta etapa. En ella se identifican claramente las áreas más comprometidas y las subáreas prioritarias al interior de cada una, en este caso, del área de producción. Con base en los resultados de los autodiagnósticos, se realizan sugerencias y opciones de mejora para los distintos sectores de las dos empresas durante el periodo de acompañamiento.



Figura 58. Ejemplo de resultados de autodiagnóstico. Lado izquierdo: puntaje por área de gestión. Lado derecho: puntaje obtenido en los distintos rubros del área de producción

4.2. Etapa de implementación

Acorde con la metodología propuesta, la capacitación inicial fue impartida de manera presencial en las instalaciones de cada una de las empresas (Figura 3). Posterior a la capacitación, una vez que los conceptos asociados con Kaizen/5S fueron homogeneizados y mostrando evidencia fotográfica de los resultados obtenidos en otras empresas, se realizó también una lluvia de ideas para identificar los problemas y áreas de oportunidad que los participantes de la capacitación identificaban en su lugar de trabajo. Se identificaron también algunas de las actividades que podrían contribuir a mejorar la situación actual de dichas áreas. Los resultados obtenidos de la lluvia de ideas fueron presentados y priorizados por el grupo de trabajo, de manera que, al final de la reunión se habían definido los primeros departamentos y actividades que se integrarían a la lista de tareas. La visita a las empresas fue aprovechada para conocer las instalaciones y documentar la línea base del programa.



Figura 59. Evidencia de la capacitación inicial en modalidad presencial

A partir de este momento, la implementación y seguimiento del programa se realizaron virtualmente y de manera sistemática cada dos semanas. Las figuras 4 y 5 dan cuenta de las sesiones de trabajo. Estas sesiones se inician con una revisión de la lista de tareas de manera que se lleva un registro de acciones implementadas y por implementar. Cuando los objetivos establecidos en un departamento se alcanzan, la empresa decide si agrega nuevas tareas o avanza hacia un nuevo departamento. Cada una de las empresas ha ido documentando fotográficamente los resultados de las acciones implementadas. El nivel de avance varía entre periodos dado que una de las premisas básicas del programa es encontrar los tiempos para realizar las actividades de mejora sin descuidar las actividades productivas propias de la empresa.



Figura 60. Evidencia 1 de reunión de seguimiento virtual



Figura 61. Evidencia 2 de reunión de seguimiento virtual

La Tabla 1 muestra algunas imágenes del antes y después de las acciones de mejora implementadas por las empresas. En ella podemos ver que los resultados obtenidos hasta el momento son evidentes y generan un cambio importante en el ambiente de trabajo. Estos resultados han sido posibles debido a la gran predisposición y apoyo de los directivos de las empresas, la activa participación del personal en las reuniones virtuales, así como el compromiso y entusiasmo que de manera conjunta (directivos y personal) han mantenido para mejorar y avanzar de manera continua en la consecución de los objetivos planteados.

Tabla 43. Evidencia fotográfica de las mejoras obtenidas durante la intervención

Antes	Después
	



4.3 Etapa de Consolidación

El proyecto se encuentra aún en la etapa de implementación, pero ya se han dado los primeros pasos para la digitalización de algunos procesos de las subáreas del área de producción, especialmente las relacionados con inventario, materiales, mantenimiento y proceso productivo.

5. CONCLUSIONES.

En este trabajo se describe la metodología utilizada en la implementación del modelo internacional online de industria 4.0 para el desarrollo productivo de las Pymes. Un modelo que ha sido ampliamente utilizado por la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina para potencializar a las Pymes de su región. La internacionalización del modelo es producto de la colaboración entre Argentina y México que aprovechando las herramientas y habilidades tecnológicas adquiridas durante la pandemia en el manejo de plataformas virtuales pudieron trascender fronteras. El modelo está basado en Kaizen 5S, una herramienta de clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina que contribuye a mejorar a las Pymes en diferentes rubros sin necesidad de grandes inversiones.

El modelo fue implementado en dos empresas del sector metalmecánica de Aguascalientes, México. La virtualizada ha permitido capitalizar y acceder a la experiencia de otras latitudes del mundo para la implementación de este tipo de herramientas que, aunque no son novedosas, resultan desconocidas para algunas empresas o peor aún, siendo conocidas resultan difíciles de implementar dada la falta de experiencia que se tiene para hacerlo. Los resultados obtenidos hasta este punto dan cuenta del gran entusiasmo, trabajo en equipo y satisfacción que tanto directivos como trabajadores han alcanzado al ser partícipes de la transformación de su entorno de trabajo.

La participación de un organismo como DESEM ha resultado crucial para la identificación y selección de empresas, así como para el acompañamiento y nivel de compromiso adquirido por los directivos durante el programa.

Las empresas participantes están por iniciar la etapa de consolidación en la que deberán buscar los mecanismos para apropiarse de la herramienta Kaizen 5S para transformarla en una cultura de trabajo que les permita sostener y mejorar los resultados alcanzados a través del tiempo.

6. REFERENCIAS.

- [1] OECD. (2017). Mexico Policy Brief. Ciudad de Mexico: OECD.
- [2] INEGI. (2020). El INEGI presenta resultados de la segunda edición de ECOVID-IE y el estudio sobre la demografía de los negocios 2020. Ciudad de México, México: INEGI.
- [3] IMCO, quickbooks y US Mexico Foundation. (2021). De la informalidad a la competitividad: políticas públicas para un ecosistema donde las PYMEs crezcan y se desarrollen. Ciudad de México, México: IMCO, quickbooks y US Mexico Foundation.
- [4] International Monetary Fund. (2021). World Economic Outlook: A Long and Difficult Ascent. Washington DC: International Monetary Fund. Recuperado el 12 de 09 de 2021, de <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/09/30/world-economic-outlook-october-2020>
- [5] Consultores Internacionales. (2021). Crónicas de un Futuro Incierto. Ciudad de México, México: Consultores Internacionales.
- [6] Zocca, R., Lima, T., Gaspar, P., & Charrua-Santos, F. (2019). Kaizen Approach for the Systematic Review of Occupational Safety and Health Procedures in Food Industries. En T. Ahram, W. Karwowski, & R. Taiar, *Human Systems Engineering and Design* (págs. 722-726). Switzerland: Springer.
- [7] Falkowski, P., & Kitowski, P. (2013). The 5 S methodology as a tool for improving organization of production. 1-7.
- [8] Agrahari, R., Dangle, P., & Chandratre, K. (2015). Implementation of 5S methodology in the small scale industry: A case study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(4), 180-187.
- [9] Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163-172.
- [10] Bin Ashraf, S., Rashid, M., & Harunur Rashid, A. (2017). Implementation of 5S Methodology in a Food & Beverage Industry: A Case Study. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 1791-1796.
- [11] Randhawa, J., & Ahuja, I. (2017). 5S implementation methodologies: literature review and directions. *International Journal Productivity and Quantity Management*, 20(1), 48-74.
- [12] Costa, C., Ferreira, L., Sá, J., & Silva, F. (2018). Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company. *DAAAM International Scientific Book*, 1-12.
- [13] Sangani, R., & Kottur, V. (2018). Enhancement in productivity by integration of 5S methodology and time and motion study. En H. Vasudevan, V. Kottur, & A. Raina, *Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation* (págs. 541-550). Singapore: Springer.
- [14] Wojtynek, L., Kulinska, E., Dendera-Gruszka, M., & Kulinska, K. (2018). Implementation of Lean 5S Methodology in Logistic Enterprise. *Research in Logistics & Production*, 8(2), 179-187.
- [15] Piñero, E., Vivas, F., & Flores, L. (2018). Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, VI(20), 99-110.
- [16] Shinkevich, A., Barsegyan, N., Shinkevich, M., Ostanina, S., Galimulina, F., & Nadezhkina, M. (2019). Reserves for improving the efficiency of petrochemical production on the basis of "Industry 4.0". *E3S Web of Conferences*, 1-5.
- [17] Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M., & Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S Methodology to 6S with An Additional Layer to Ensure Occupational Safety and Health Levels. *Sustainability*, 1-18.
- [18] Balasundaram, K., Adugna, A., Gobachew, A., & Kumar, M. (2019). Implementation of 5s methodology for performance improvement in a medium scale industry: A case study. *International Journal for Research & Development in Technology*, 7(3), 615-620.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a María del Refugio Santos Pedroza, Eduardo Susano Gonzáles, María del Carmen Campos, Marisol Hernández y Miriam Godoy por su apoyo y confianza en la implementación de este modelo.

Técnica de ‘Least Mean Squares’ aplicado a ‘Power Line Communication’ para monitorear un aerogenerador ubicado en una zona remota con clima severo de la Patagonia Austral.

Ibarreta Fañanas, Adriana L.*; Lavorato, Mario B.

**Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional.
Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional
libarretaf@frsc.utn.edu.ar
blamar2004@yahoo.com.ar*

RESUMEN

El presente artículo nos muestra los resultados preliminares de la simulación con Software Simulink de MatLab mediante la aplicación de la técnica LMS (Least Mean Squares) para supresión del ruido impulsivo de una comunicación por línea eléctrica PLC (Power Line Communication) entre un centro de comando y un aerogenerador remoto que debe soportar las condiciones climáticas severas de la Patagonia Austral. Este tipo de enlace puede ser considerado como parte de una red matricial de una instalación mayor, para alimentar centros urbanos aislados.

Palabras Claves: Power Line Comumunications, Energía, Aerogenerador.

ABSTRACT

The present work shows us the preliminary results obtained about the LMS technique applications for impulsive noise suppression using the Power Line Communication technique by means of Matlab – Simulink simulation. The simulation works by sending signals between a remote electrical generator wind turbine and a control center. The turbine works under severe climate conditions similar to the present in southern Patagonia. This kind of link can be considered as part of a matrix network of a larger facility, to feed isolated urban centers.

Keywords: Power Line Communications, Energy, Wind Turbine

1. INTRODUCCIÓN

Últimamente el uso de internet de las cosas, del inglés Internet of Things (IoT), que se caracteriza por el intercambio de información entre objetos de forma autónoma, ha llevado a diversificar el manejo de las comunicaciones, introduciendo IoT a otras áreas lejos de las comunicaciones dentro del hogar a un área industrial, incluyendo la administración de energía eléctrica. En lo que esto respecta, IoT ha llegado al área de Smart Grid, una tecnología que hace años lleva desarrollándose y que en el país ha cobrado relevancia. Este camino lleva a fusionar IoT con numerosas técnicas utilizadas en Smart Grid, como lo es Power Line Communication.

Power Line Communication es una técnica antigua[1-3], que se ha reinventado en los últimos años. Se basa en el envío de información utilizando como canal de comunicación la línea eléctrica, haciendo de la misma, una técnica que prácticamente no presenta costos debido a que en muchos casos se utiliza el tendido eléctrico previamente existente. Esto en muchos casos representa una solución viable y económica, sin embargo, debe tenerse en cuenta que desde el punto de vista de las comunicaciones, compartir el canal con la energía de alimentación, es todo un reto debido a que se debe alcanzar una relación de compromiso en la que el mensaje no se vea comprometido por la señal de energía y a la vez que la señal de energía no pierda calidad debido a la inserción de un mensaje en frecuencias, varios órdenes de magnitud de la línea que se mezclan con el propio ruido eléctrico presente en la línea debido al uso de motores, computadoras u otros equipos que generan ruido pulsado en la misma.

Esta técnica puede clasificarse según sus usos en dos clases, Broadband Power Line Communication[4] y Narrowband Power Line Communication[5]. La primera se destaca por su velocidad, permitiendo crear redes de intercambio de datos muy seguras, dentro de recintos cerrados, como pueden ser edificios. En particular se ha estado desarrollando para otro tipo de recintos cerrados móviles, como pueden ser barcos[6], aviones[7] y automóviles[8]. El hecho de enviar los paquetes por el tendido eléctrico en cada una de estas circunstancias asegura que los mensajes no serán interceptados por agentes externos, dándole seguridad al circuito de información. Por otro lado, la denominada Narrowband Power Line Communication, tiene la capacidad de manejar grandes paquetes de información, asegurando su integridad. El tamaño de los paquetes asegura que pueda enviarse un gran número de datos, por lo que este tipo de comunicaciones suelen usarse para realizar control de sensores, o gran acumulación de lectura de instrumentos. Su principal característica no es la velocidad como en el caso anterior, sino su robustez, dando acceso a las comunicaciones aún en lugares donde no tiene acceso otras comunicaciones como pueden ser las señales de wifi o las redes satelitales, como puede ser dentro de una mina de carbón[9]. Este último uso, se ha convertido en una tendencia, llevando la técnica Power Line Communications a zonas aisladas, pequeñas comunidades y zonas rurales [10].

La selección de la citada herramienta se debe a que, en el presente caso, se pretende utilizar la mencionada técnica para comunicar un aerogenerador de baja potencia, con una vivienda o centro de comando, de modo que la información del estado del aerogenerador se envía constantemente, junto con el flujo de energía eléctrica, pudiendo el mencionado centro comando, tomar acciones de control sobre el aerogenerador (comunicación full duplex). El mismo estará ubicado en una pequeña población aislada, bajo las condiciones climáticas que presenta la Patagonia Austral. En la Figura 1 se muestra el esquema de comunicación que se presenta.

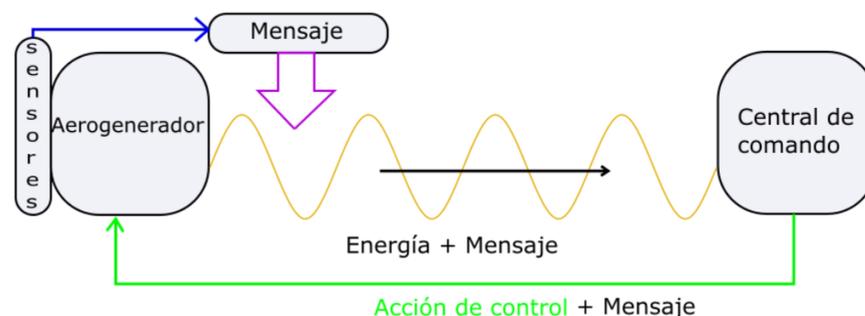


Figura 1 Esquema de comunicación deseada

Lo primero que se observa de izquierda a derecha es un bloque de sensores comandados por un microcontrolador, capaz de interpretar sus valores y dar forma a los paquetes de información según lo requerido. Las lecturas de los sensores representan el largo del mensaje a enviar. Dado que se debe monitorear el estado del aerogenerador, al menos se necesitan los siguientes sensores: temperatura, humedad, presión, velocidad, vibración del eje y galgas extensiométricas para la deformación de las palas. Además, dependiendo de la necesidad, pueden agregarse sensores del tipo climáticos, para tener presente las condiciones climáticas en tiempo real de la zona específica, para prevenir posibles anomalías climáticas o situaciones que puedan poner en riesgo la integridad

del aerogenerador. Cabe destacar que los sensores deben soportar trabajar a la intemperie, en una amplia gama de temperaturas inferiores a cero.

A la derecha del bloque de sensores se muestra el Aerogenerador, quien produce la señal de energía sobre la cual es enviado el mensaje. Para este caso, se considera que el aerogenerador a utilizar es uno de baja potencia, de eje vertical, similar al diseñado por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Cruz[11], como el que se muestra en la Figura 2.



Figura 2 Aerogenerador construido por la UTN FRSC

Esta elección se debe a que el aerogenerador presentado se diseñó para soportar el crudo clima Patagónico y fue probado en la ciudad de Río Gallegos, Santa Cruz.

Del lado izquierdo de la Figura 1 puede verse la central de comando. La misma se alimenta de la energía generada por el aerogenerador y es quien chequea el estado general del mismo. En caso de un posible daño inminente, esta central de control tiene la posibilidad de ejercer acciones de control sobre el Aerogenerador, ordenando la parada de las palas.

La necesidad de computar información del estado del aerogenerador se debe a que el mismo, se encuentra ubicado en una zona alejada de los grandes centros urbanos, en la Patagonia Austral. En provincias como la de Santa Cruz, puede encontrarse una enorme cantidad de pequeños centros urbanos, como cascos de estancias, escuelas rurales y puestos de vialidad.

Teniendo esto en cuenta debe considerarse que el aerogenerador debe soportar el crudo clima Patagónico, sin posibilidad de acceso al mismo para mantenimiento o reparación durante la época invernal. Las características climáticas de esta zona, considerada de condiciones climáticas severas, incluye grandes nevadas y acumulación de escarcha en los meses de junio a septiembre y vientos fuertes, que superan los 120 km/h con capacidad de arrastre de elementos a lo largo de todo el año, que pueden poner en riesgo la estructura del aerogenerador[12].

2. METODOLOGÍA.

Dentro de las complicaciones que presenta la técnica Power Line Communication, se encuentra una clase de ruido que se genera dentro del canal, denominado ruido impulsivo. El mismo se representa como una exponencial con un coseno, como se muestra en la Ecuación (1).

$$NBI = A^{\tau} \cos(2\pi f_0 t) \quad (1)$$

Donde A es el valor máximo de la amplitud, f_0 la frecuencia y τ el factor de atenuación de interferencia de banda estrecha. En la Figura 3 puede verse una representación del mencionado ruido.

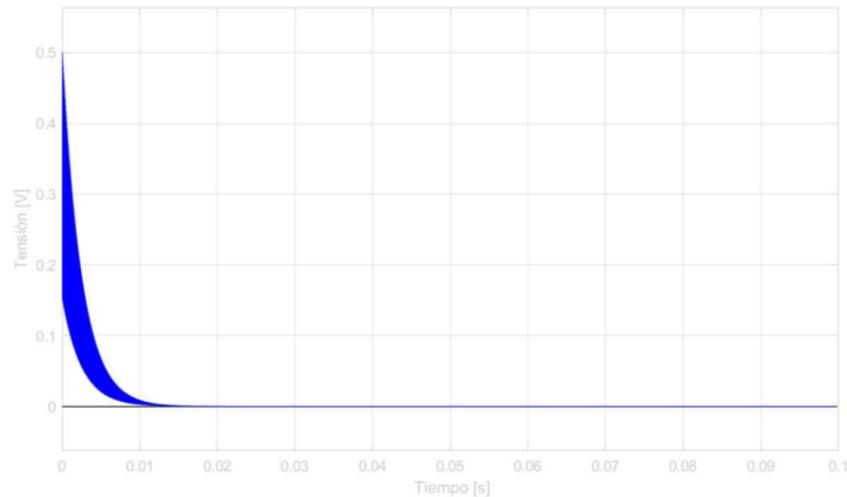


Figura 3 Ruido impulsivo

Existen varias técnicas de mitigación de este ruido en sistemas de Power Line Communication ideales, en particular en aquellos cuya modulación del mensaje se realiza en OFDM[13]. Sin embargo, dadas las características del problema propuesto, en este caso, se escogió una modulación FSK. Las frecuencias escogidas para la modulación fueron 40kHz y 65kHz. Estos valores se deben a que deben poder diferenciarse de la señal de energía de 50Hz por el demodulador. Se debe recordar que además de lidiar con el ruido impulsivo, el mensaje debe poder separarse correctamente de la señal de energía, teniendo en cuenta que también será afectada por la función de transferencia del canal.

En orden de poder mitigar el ruido impulsivo se escogió intentar obtener una señal similar, o al menos de las mismas características, para poder restarla de la señal obtenida de modo de poder eliminar el efecto que este ruido produce en la señal, técnica que ya se ha puesto en prueba con otros tipos de modulación[14]. Como muestra la Figura 4, se desea que la señal generada a partir del seno y el coseno, con sus respectivos pesos, sea similar a la función del ruido impulsivo.

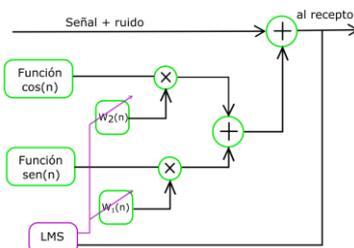


Figura 4 Esquema propuesto

Para ello se utiliza la aplicación del algoritmo adaptativo LMS (Least Mean Square), un algoritmo utilizado ampliamente en inteligencia artificial y en ocasiones en comunicaciones moduladas en OFDM para mitigar el ruido.

El mencionado algoritmo se basa en un enfoque de pasos descendentes, donde se busca minimizar el error $e[n]$ que se muestra en la Figura 5.

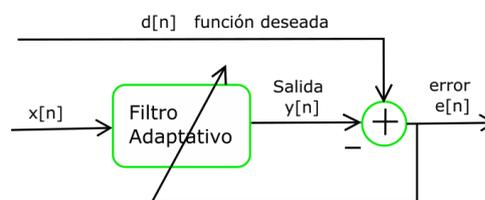


Figura 5 Esquema del algoritmo LMS

La fórmula que representa el algoritmo es la Ecuación (2), donde μ es el parámetro de tasa de aprendizaje, quien determinará la velocidad de adaptación del algoritmo.

$$w[n+1] = w[n] + \mu * 2 * e[n] * x[n] \quad (2)$$

Como en todo filtro adaptativo, se busca minimizar el error $e[n]$ cuya fórmula se muestra en la Ecuación (3) donde $d[n]$ es lo que se denomina “función deseada” y $y[n]$ es la salida del filtro.

$$e[n] = d[n] - y[n] \quad (3)$$

Este algoritmo se utilizará para establecer una señal que busca ser similar al ruido impulsivo, modelado gracias a los pesos obtenidos, para luego eliminarlo de la señal aportada por el canal, previo a la demodulación. De esta forma, se espera obtener una señal con menor error, o de más simple demodulación en el receptor.

2.1. Simulación.

La simulación se realizó mediante el software Simulink de Matlab, debido a que su estructura permite visualizar de mejor manera la técnica a utilizar.

Como primera medida se realizó el envío de un mensaje modulado en FSK, mediante la técnica PLC, donde se monta el mensaje sobre la señal de energía de, en este caso, 220V y 50Hz. El esquema en bloques se muestra en la Figura 6.

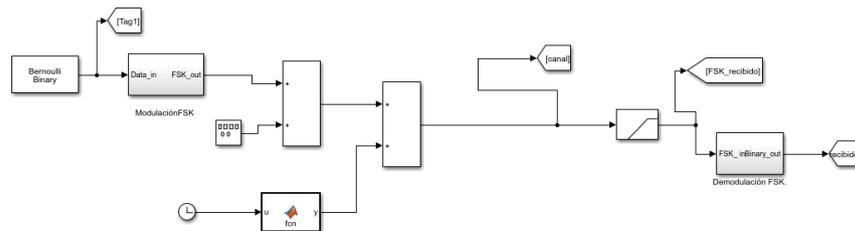


Figura 6 Comunicación PLC

En la misma se genera un mensaje mediante un bloque generador binario Bernoulli, luego se realiza la modulación en FSK, como muestra la figura 5, para luego montar la señal en la sinusoide de energía. A su vez, se generó una función de Matlab para poder incluir el mencionado ruido impulsivo. Esta señal viaja por el canal hasta el centro de comando, donde se demodula, recuperando el mensaje original.

A partir de la etiqueta que figura como “canal” es donde se presenta el método que se está poniendo a prueba, utilizando LMS para obtener los correspondientes pesos para generar la señal de características similares al ruido impulsivo, de modo de poder quitarlo. Este esquema se presenta en la Figura 7.

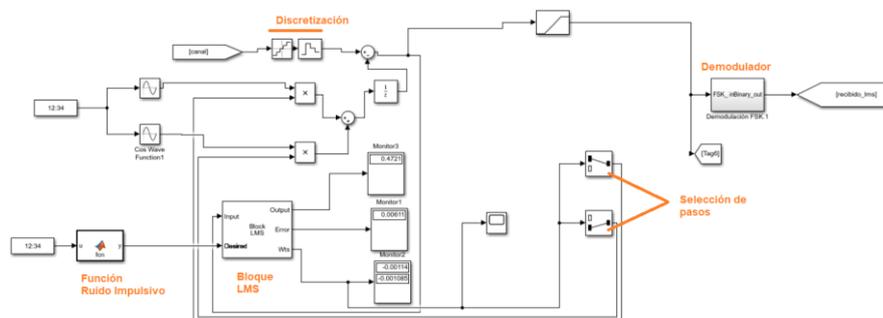


Figura 7 Aplicación del método propuesto

Se evaluó el resultado específico del comportamiento del método que se quiere probar para distintas configuraciones del bloque LMS y valores de las funciones seno y coseno.

2.2. Resultados de la simulación.

Durante la realización de la simulación se prestó atención a dos parámetros en especial, a los pesos generador por el algoritmo LMS y a la señal recibida por la central de control, previo a su demodulación, de modo de poder comparar las señales que atravesaron la etapa de supresión de ruido de la que arribó sin tratamiento. A modo de ejemplo en la Figura 8 se muestra uno de los casos, en los que se compara la señal original, con la recibida sin tratamiento y posteriormente la señal recibida con tratamiento.

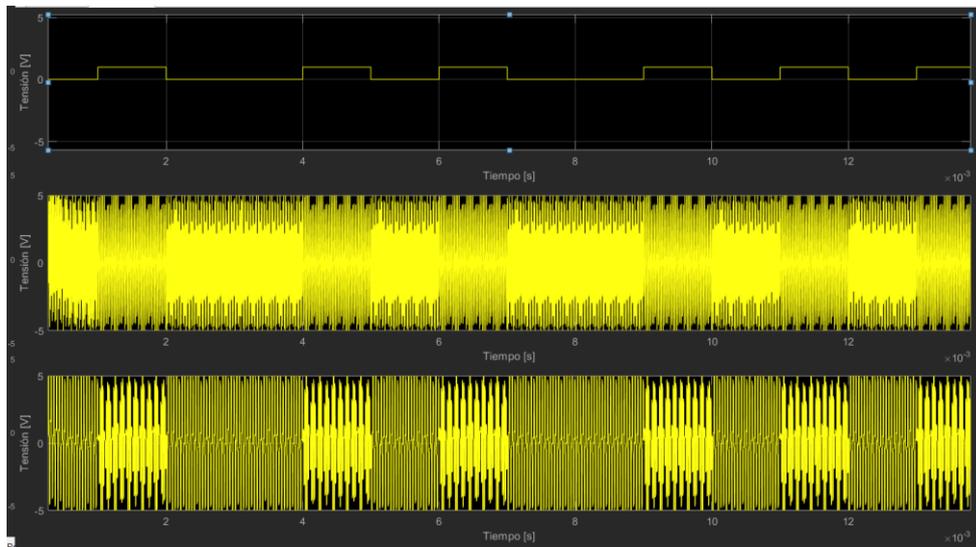


Figura 8 Comparación de mensajes recibidos

En la Figura 9 se muestra la señal correspondiente al mensaje, montada sobre la señal de energía, la cual se envía por el canal de comunicación. En la Figura 10 puede verse un acercamiento de la misma, donde puede distinguirse el mensaje modulado.

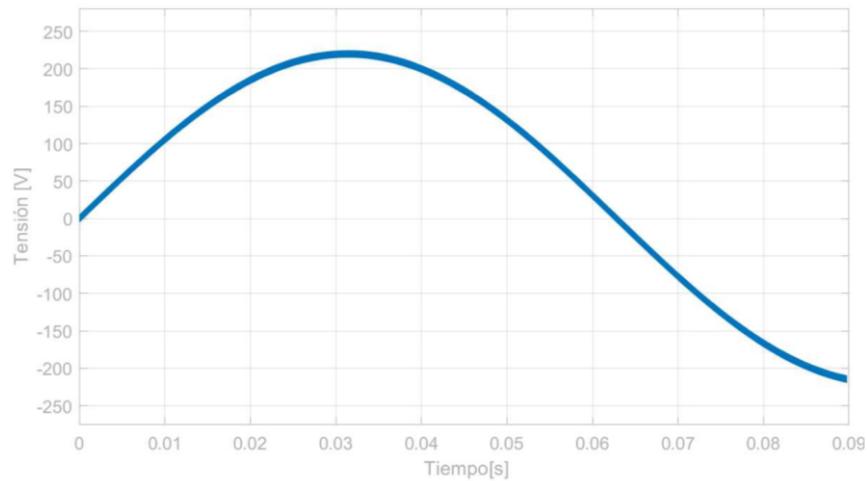


Figura 9 Señal enviada por el canal sin ruido

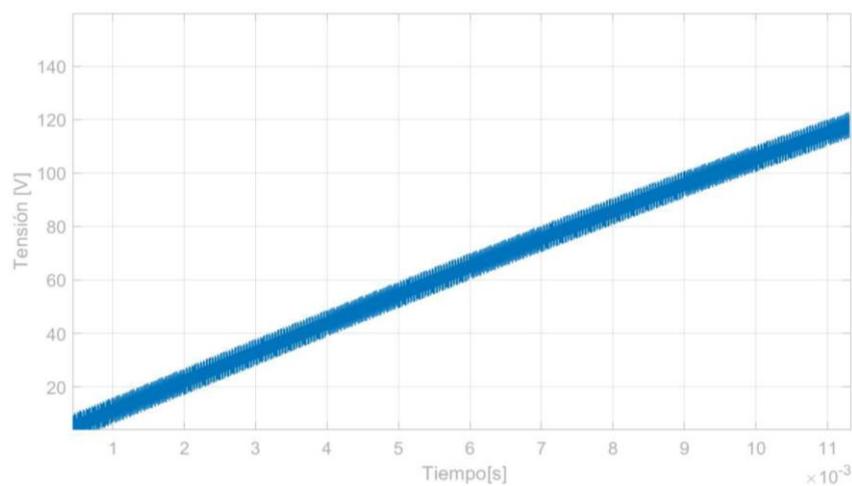


Figura 10 Acercamiento de la Figura 9

Puede verse que no hay una excesiva diferencia entre la señal con y sin tratamiento, a excepción del efecto de la digitalización que sufre la señal que va a ser tratada con la supresión de ruido. Por esta razón se consideró el valor de los pesos obtenidos por el algoritmo LMS. En la Figura 11 se muestra el comportamiento de los mismos.

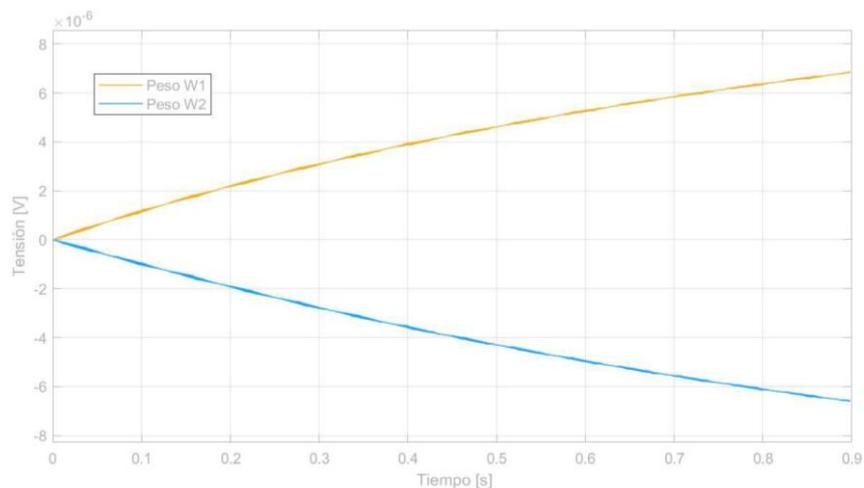


Figura 11 Valor de los pesos calculados mediante LMS

En esta figura, puede verse cómo el valor de los pesos diverge, mientras que a su vez, el valor al que llegan es muy pequeño, comparado con la señal original que es de 220V de amplitud, por lo que no obtendremos valores lo suficientemente considerables como para que al realizar la resta, se produzca un cambio en la señal.

Modificando los valores previamente mencionados, se llega a un resultado similar, sin embargo en este caso el comportamiento de los pesos es como el que muestra la Figura 12. Donde puede verse que nuevamente el método no converge, pero esta vez en lugar de tender a infinito, los pesos oscilan de igual manera alrededor de cero.

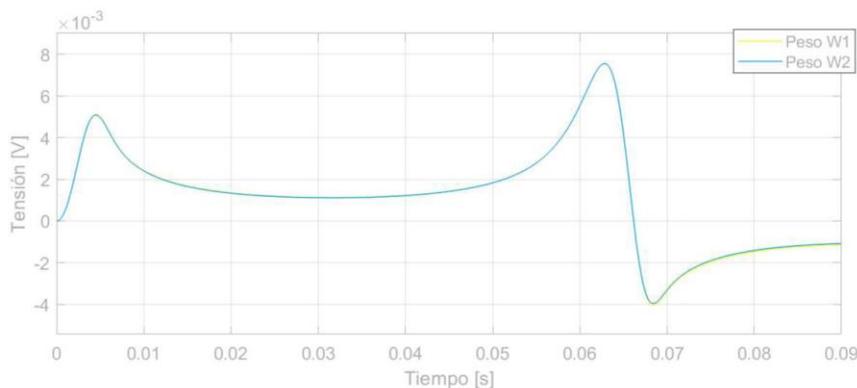


Figura 12 Nuevo valor de los pesos calculados mediante LMS

3. CONCLUSIONES.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las simulaciones, puede concluirse que de momento, para la aplicación del método mencionado, con modulación FSK aplicado al caso planteado de Power Line Communication, no se ha podido lograr que los pesos del algoritmo LMS converjan a un valor real distinto de cero, de modo que la aplicación del método no es estable y no representa una mejora significativa en la recepción del mensaje.

Se seguirá trabajando en esta estrategia hasta agotar todas las posibilidades de aplicación del método, y en caso de no obtener resultados positivos, se modificará la estructura del mensaje, aplicando otra modulación o protocolos basado en la técnica Power Line Communication, como puede ser PRIME[15], G3 PLC[16] o X10[17], que pueda acabar teniendo un mejor aprovechamiento del algoritmo utilizado.

Finalmente, y como trabajo a futuro, cuando se obtengan los resultados deseados, se va a considerar el esquema presentado como una unidad matricial de energía, para posteriormente simular una matriz de aerogeneradores y centro de control, de modo de escalar la aplicación propuesta.

4. REFERENCIAS.

- [1] Tonello, A.M.; Versolatto, F.; Pittolo, A. (2014). "In-Home Power Line Communication Channel: Statistical Characterization". *IEEE Transactions on Communications*, vol. 62, no. 6, pp. 2096-2106.
- [2] Galli, S.; Logvinov O. (2008). "Recent Developments in the Standardization of Power Line Communications within the IEEE". *IEEE COMMUN MAG*, 46, 7, 64-71.

- [3] Pake Talei, A.; Pribyl, W. A.; Hofer, G. (2021). "Considerations for a power line communication system for traction batteries". *Elektrotechnik & Informationstechnik*. 138/1. 3–14.
- [4] García-Gangoso, F.; Blanco-Velasco, M.; Cruz-Roldán, F. Apellido, (2021). "Formulation and Performance Analysis of Broadband and Narrowband OFDM-Based PLC". *Sensors* 2021, 21, 290.
- [5] Artale, G.; Cataliotti, A.; Cosentino, V.; Cara, D.D.; Fiorelli, R.; Russotto, P; Tinè, G. (2013). "Medium Voltage Smart Grid: Experimental Analysis of Secondary Substation Narrow Band Power Line Communication". *IEEE T INSTRUM MEAS*, 62, 9, 2391-2398.
- [6] Antoniali, M.; Tonello, A.M.; Lenardon, M; Qualizza, A; (2011). "Measurements and analysis of PLC channels in a cruise ship". *2011 IEEE ISPLC*. Udine.
- [7] Dégardin, V.; Simon, E.; Morelle, M.; Liénard, M.; Degauque, P.; Junqua, I.; Bertuol, S. (2010). "On the possibility of using PLC in aircraft". *2010 IEEE ISPLC*. Río de Janeiro.
- [8] Pittolo, A.; De Piante, M.; Versolatto, F.; Tonello, A. M. (2016). "In-Vehicle Power Line Communication: Differences and Similarities Among the In-Car and the In-Ship Scenarios". *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 11, no. 2, pp. 43-51.
- [9] Miller, D.; Mirzaeva G.; Goodwin G. (2020). "Power Line Communication in Emergency Power Microgrid for Mining Industry". *2020 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*.
- [10] Nancy, B.; Gary Loh, C.; Razi Bazin, M.; Panceras, T. (2021). "A Case Study: Broadband Over Powerline for Rural Area Deployment in Sarawak". *E3S Web of Conferences* 242, 03001.
- [11] Samela A.M., Ibarreta Fañanas A.L., Tommasi C. N. y Bahamonde P.J. (2018). "Diseño y Construcción de un Generador Eoloeléctrico de Baja Potencia Adaptado a Condiciones Climáticas de la Patagonia Austral". *III Congreso Argentino de Energías Sustentables*. Bahía Blanca.
- [12] Bahamonde P.J., Samela A.M., Szewzuk O. y Ibarreta Fañanas A.L. (2013). "Estudio del Régimen de Vientos en la Localidad de Gobernador Gregores". *Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, 131-137.
- [13] Zhang, J.; Meng J. (2010). "Noise Resistant OFDM for Power-Line Communication Systems". *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 25, no. 2, pp. 693-701.
- [14] Fang, F.; Yang, Z. (2016). "Time domain suppression scheme of narrowband interference based on narrowband OFDM power line communications". *2016 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*.
- [15] Larrañaga, J.; Legarda, J.; Urrutia, I.; Sendin, A. (2015). "An experimentally validated PRIME subnetwork simulation model for utility applications". *2015 IEEE ISPLC*. Austin.
- [16] Bert, L.D.; D'Alessandro, S.; Tonello, A.M. (2014). "A G3-PLC simulator for access networks". *IEEE ISPLC*. Glasgow.
- [17] Josh, R.P.; Bhosale, S.; Patil, P.H. (2008). "Analysis and Simulation of Noise in Power Line Communication Systems". *INT CONF EMERG TR*. Nagpur.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Dr. Juan Vorobioff, por su asesoramiento en temas de Simulink.

Herramienta de Evaluación de TICs para determinar el nivel de desarrollo tecnológico en la Industria

Alicia Mon, Horacio René Del Giorgio

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de La Matanza,
alicialmon@gmail.com
horacio.delgiorgio@gmail.com

RESUMEN

El desarrollo tecnológico genera un fuerte impacto en los sistemas de producción, modificando los niveles de competitividad y la integración de las cadenas de valor. La velocidad de la transformación digital y la abrupta irrupción de la virtualidad en el funcionamiento de las fábricas obliga a una adaptación de las formas de trabajo al interior de la industria manufacturera, a una redefinición de los conocimientos requeridos en el desarrollo de las diferentes tareas, así como un profundo trabajo de análisis y diseño centrado en los usuarios reales de las nuevas tecnologías en un contexto completamente novedoso. El presente artículo expone los resultados de la aplicación de un proceso de diseño llevado adelante para el desarrollo de una herramienta de evaluación automática del nivel de TICs en la industria que permite determinar las tecnologías específicas que componen la industria 4.0.

Palabras Claves: Índice de TICs, Desarrollo Tecnológico, Industria 4.0

ABSTRACT

Technological development generates a strong impact on production systems, modifying levels of competitiveness and the integration of value chains. The speed of digital transformation and the unexpected irruption of virtuality in the operation of factories, forces an adaptation of the methods of working within the manufacturing industry, a redefinition of the knowledge required in the development of different tasks, as well as a deep analysis and design work focused on the real users of the new technologies in a completely new context. This article describes the results of the application of a design process carried out for the development of an automatic evaluation tool of the level of ICTs in the industry that allows determining the specific technologies that make up Industry 4.0.

Keywords: ICTs Index, Technological Development, Industry 4.0

1. INTRODUCCION

La irrupción de la transformación digital en los sistemas productivos, así como el acelerado ritmo que despliega la cuarta revolución industrial, actualmente en proceso, requiere la integración horizontal de productos y procesos sostenidos por redes colaborativas en los cuales los trabajadores cubren múltiples áreas de una planta fabril. De este modo, se llevan a cabo, en simultáneo, múltiples procesos de producción con rutas, flujos de mercancías, logística, entrega y distribución, disminuyendo drásticamente los tiempos de producción, así como los costos operativos, mientras la complejidad de los productos y procesos aumenta impulsados por el conjunto de tecnologías que se implementan [1].

El inexorable camino hacia la Industria 4.0 impacta directamente en los trabajadores de los diferentes sectores, y genera la imperiosa necesidad de adaptar los desarrollos tecnológicos a los usuarios de esas nuevas tecnologías que se ven forzados a adaptar sus formas de trabajo a la impronta tecnológica y al uso de un conjunto de dispositivos diversos y con fuentes de información heterogéneas. Los procesos de transformación industrial, el trabajo colaborativo y la formación interdisciplinaria de los trabajadores en una organización constituye la condición necesaria de la adaptación para lograr planes de producción realizables.

Si bien la transformación digital se orienta en el uso de tecnologías específicas, es inherente la combinación de la capacidad humana con la facilidad que permite el uso de las máquinas y en general de los elementos tecnológicos, requiriendo una pluralidad de competencias de los profesionales que aportan conocimientos en el uso de las nuevas tecnologías, tales como la gestión de datos masivos, el control de máquinas autónomas especializadas, la conectividad entre los objetos, el manejo de la realidad virtual o aumentada en la resolución de tareas así como la sagacidad para generar soluciones inmediatas en todos los aspectos.

En forma dicotómica, la Industria 4.0 exige a los trabajadores que se transformen en usuarios de las nuevas tecnologías, desempeñando múltiples tareas para adecuarse a las necesidades de la industria, a la vez que requiere de ellos conocimientos tecnológicos de un amplio espectro de plataformas tecnológicas y aplicaciones de software imponiendo ritmos de producción desconocidos hasta el momento.

La velocidad de la transformación tecnológica requiere de una particular atención sobre las formas de la interacción entre el usuario específico que trabaja en la industria, con la diversidad de equipos y tecnologías con las que debe trabajar y adaptarse.

Para poder detectar las características específicas de este tipo de usuario se ha realizado un estudio que permite relevar el estado actual del desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en la industria manufacturera en el contexto latinoamericano.

Para ello, se aplicó el Índice InTIC²s® [2] [3] y se desarrollaron un conjunto de instrumentos de inducción, relevamiento y medición que permitiera evaluar las características específicas de los productos *Software*, *Hardware* y de *Infraestructura* tecnológica implementados en la actualidad en las industrias en sus diferentes ramas de actividad, a efectos de analizar el conjunto de características principales de un tipo de usuario que se ha reconocido como el *Informante Clave* de PyMEs industriales, que asume responsabilidades tecnológicas y de inversión sobre el devenir de la transformación digital, siendo identificado como uno de los actores centrales del actual proceso de reconversión hacia la Industria 4.0 [4] [5].

En los siguientes apartados se presentan: el proceso aplicado para la detección y análisis del perfil de usuario, las características principales detectadas y el modelo de evaluación aplicado, así como el conjunto de instrumentos diseñados que permitieron desarrollar el estudio en una región altamente industrial de la Provincia de Buenos Aires, en Argentina [6] [7].

2. METODOLOGIA

El conjunto de métodos utilizados para el diseño y desarrollo de la herramienta incluye un proceso de diseño para analizar la interacción humano-computador [8] que permitió definir los atributos de un usuario de TICs específico de las PyMES industriales, y se aplicó un índice de TICs como modelo de evaluación que permite evaluar el nivel de inserción de TICs en la industria y determinar las tecnologías necesarias para incorporar en la transformación hacia la Industria 4.0.

2.1. Proceso

El Proceso de Diseño de la herramienta aplicado se basó en la observación de la Interacción de los usuarios con la tecnología en su espacio de trabajo real, siguiendo un proceso metodológico con un plan mixto cuali-cuantitativo sobre los siguientes 3 ejes:

- Conocimiento del problema a resolver: se analizaron los aspectos centrales del problema, profundizando en la rutina, la metodología, la tecnología y las características técnicas de la fabricación o la línea de producción analizada.

- Conocimiento sobre las técnicas a utilizar: se analizaron las tecnologías y las metodologías a utilizar para comprender el problema y realizar el estudio sobre el grupo de usuarios específicos.
- Conocimiento del Usuario: se aplicaron diferentes técnicas con los usuarios en su ámbito de trabajo para comprender como entienden el problema, conocer de qué manera operan en la resolución cotidiana de las tareas rutinarias y definir las características principales de su perfil.

En la siguiente Figura 1. se presenta el Proceso de Diseño/Desarrollo aplicado en la investigación [9].

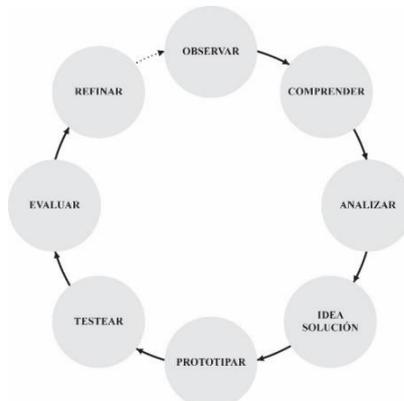


Figura 31. Proceso de Diseño/Desarrollo. Fuente: [9]

Las técnicas utilizadas en las diferentes etapas del proceso de Diseño de la herramienta para el grupo de usuarios de la industria fueron las siguientes:

- Etnografía de video de un usuario
- Entrevista etnográfica
- Simulación de experiencias
- Mapa de experiencia del usuario
- Perfil persona
- Focus Group

Esta variedad de técnicas se aplicó de manera diversa y combinada durante el proceso de Diseño, tal como se detallan a continuación por cada una de las etapas expuestas.

Observación: se realizaron observaciones de los usuarios en un conjunto de 10 industrias manufactureras de diferentes ramas de actividad. Se aplicaron técnicas de Etnografía de video de un usuario y Entrevistas etnográficas.

Comprensión: se aplicaron técnicas de Simulación de experiencias, Mapa de experiencia del usuario y Focus Group para la comprensión del usuario en su vínculo con las TICs en su ámbito laboral de una industria.

Análisis: se aplicaron técnicas de Perfil persona y Mapa de experiencia del usuario para analizar la forma real y cotidiana de vinculación con las TICs y analizar su empatía con el desarrollo tecnológico, así como para discernir entre los diferentes tipos de usuarios por función al interior de una fábrica. Se analizó el perfil del informante clave para realizar el relevamiento.

Idea: se trabajó con los usuarios sobre el interés o los beneficios que les aportaría la evaluación del nivel de TICs en su empresa.

Prototipo: se desarrolló un prototipo de encuesta para realizar el relevamiento en papel.

Testeo: se aplicó la encuesta en forma presencial y con encuestadores. Se utilizaron guías de apoyo para la autogestión de la encuesta. Se testeó la lógica del cuestionario.

Evaluación: Se realizó una evaluación y se determinó que el formato más adecuado para el grupo de usuarios sería realizar la encuesta en forma digital, con la administración de sus propios tiempos, con un proceso de inducción y estimulación propio de los usuarios por conocer los resultados de su empresa. Se determinó que el diseño de la encuesta debería ser con el mínimo texto, intuitiva, sin guías explicativas y auto gestionable.

Refinamiento: se refinaron todos los instrumentos creados, tales como el software de encuestas, la base de datos, el material audiovisual explicativo inductivo y la devolución automática de resultados.

Se realizó un nuevo ciclo del proceso descrito comenzando nuevamente por la observación a través de un relevamiento en 40 industrias, en su gran mayoría pequeñas y medianas empresas, radicadas en el distrito industrial de La Matanza, en la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Como resultado del proceso, se determinó el perfil del usuario a ser relevado, identificado como el *Usuario Informante Clave de TICs* que cuenta con los conocimientos sobre las tecnologías en pequeñas y medianas empresas (PyMEs) y resulta determinante en las decisiones de adopción / desarrollo de nuevas tecnologías para realizar el estudio.

El usuario analizado presenta algunas de las siguientes características:

Tabla 1. *Atributos Usuario Informante Clave TICs para evaluación en Pymes Industriales*

Informante Clave TICs - PyMES Industriales
Se encuentra en el segmento etario entre 30 y 50 años
Sin distinción de género
Tiene estudios universitarios o terciarios
Cumple funciones de dirección en la empresa
Mayoritariamente es heredero/a del negocio
Utiliza y necesita tecnología
Dispone de smartphone para uso personal y está hiperconectado/a
Percibe más desorden que orden en su actividad de dirección
Quiere planificar y le cuesta
Se centra en oportunidades en vez de necesidades
Se asume como quien sabe tomar riesgos en el negocio
Se asume como quien sabe tomar decisiones
Tiene habilidad para sobrepasar problemas
Carece de capacidad para delegar

Evaluando las características descritas de manera transversal a los trabajadores en las diversas áreas funcionales, se analizó que el usuario objetivo asume funciones de dirección. Sin embargo, por la estructura de las pequeñas y medianas empresas industriales de la región, este tipo de usuarios habitualmente se convierten en *multifunción*, cumplen diversas tareas y resuelven problemas en forma transversal a toda la fábrica.

2.2. Modelo de Evaluación

El modelo de evaluación aplicado se ha enfocado en el índice InTIC's® que se estructura a partir de la detección de productos tecnológicos en las Industrias, diferenciados en 3 componentes de TICs: *Software*, *Hardware* e *Infraestructura* [10]. Estos 3 componentes agrupan los productos según las especificidades de cada tipo de tecnología.

El modelo evalúa las tipologías identificadas de TICs implementadas en diferentes áreas funcionales al interior de las industrias, donde estas tecnologías cumplen funciones específicas en las áreas donde se encuentren implementadas [11]:

- Dirección
- Contabilidad y Finanzas
- Ingeniería
- Compras
- Logística
- Producción
- Ventas

Una vez identificados estos productos tecnológicos y su cruce con cada proceso de los arriba mencionados, el modelo genera una valoración o puntaje por niveles según su grado de desarrollo en cuanto al tiempo que existen como herramientas utilizadas en el mercado, si el tipo de

soporte que brindan aporta información sensible a las empresas, sobre cuál es la complejidad del problema que resuelven, si su utilización impacta en una mejora de los procesos o sobre el control de los procesos, si mejora la eficiencia en la utilización de recursos, si mejora la productividad o si reduce costos operativos. Esa valoración podrá ser de “1”, para una contribución básica para los productos que ya tienen mucho tiempo en el mercado, de “5” para una contribución media de aquellos productos que llevan un tiempo de utilización en el mercado pero que aún permanecen disponibles, y “10” para una contribución avanzada sobre aquellos productos de tecnología de innovación o que emergen como productos nuevos en el mercado para ser implementados en las industrias [10]. El índice se conforma con la sumatoria de la ponderación de cada uno de los productos TICs en una industria particular, que se encuentran implementados en un Área Funcional determinada, tal como se presenta en la siguiente fórmula (1):

$$\text{Índice} = \sum \text{Contribuciones (1)} + \sum \text{Contribuciones (5)} + \sum \text{Contribuciones (10)} \quad (1)$$

La sumatoria de las contribuciones de los puntajes de todos los productos permite determinar 3 niveles de desarrollo tecnológico:

- **Nivel Básico** (rango entre 0 y 120): Para aquellas empresas que cuentan con tecnología antigua.
- **Nivel Medio** (rango entre 121 y 715): Para aquellas empresas que tienen tecnología de actualidad media.
- **Nivel Avanzado** (rango entre 716 y 1375): Para aquellas empresas que tienen tecnología avanzada y tendiente a la transformación de la industria 4.0.

Las diferentes áreas funcionales del modelo permiten detectar los productos tecnológicos, implementados y funcionando en una empresa en particular, así como los diversos usuarios en tales áreas con capacidades y roles claramente diferenciadas.

Para realizar el relevamiento en un conjunto de empresas específicas en una región determinada, se diseñó una encuesta digital que contiene los productos *Software*, *Hardware* e *Infraestructura* para que el usuario que la está respondiendo pueda identificar rápidamente las áreas y los productos que en su empresa tiene o no implementados.

El cuestionario se diseñó para ser autoadministrado, luego de la evaluación del diseño del formato, de la visualización y de la dinámica de las preguntas se constataron los criterios de detección del informante clave.

Para soportar el cuestionario, se desarrolló una aplicación de software con las siguientes características.

- Permite realizar el relevamiento autoadministrado completando una encuesta.
- Realiza el cálculo del índice en forma automática con la ponderación de cada uno de los productos que la empresa completa.
- Devuelve el resultado del cálculo a la persona que completó la encuesta.
- Alimenta una base de datos diseñada para el procesamiento de los datos y el posterior análisis estadístico.

A los fines de realizar el estudio, se desarrolló una herramienta enfocada en el índice que evalúa el nivel de desarrollo tecnológico de una empresa y en el usuario detectado cuya participación es central para llevar adelante la evaluación y el estudio en el distrito seleccionado.

3. HERRAMIENTA DE EVALUACION AUTOMATICA DE TICS

La herramienta desarrollada permite visualizar el cuestionario, está accesible vía Web (Front End) alojada en un servidor de la Universidad, desde donde se puede acceder a la encuesta y completarla. Los datos son tratados en tiempo real por un Software de procesamiento (Back End) que aplica los valores ponderados del índice TICs para cada producto cargado en la encuesta y obtiene el resultado de la evaluación para la empresa que se está completando (<https://indicetics.unlam.edu.ar/it/>).

El sitio Web presenta una interfaz diseñada con foco en el Usuario *Informante Clave*, con texto dirigido a su perfil, en idioma castellano, y desde donde se accede a la encuesta que le permite realizar una evaluación individual y obtener los resultados del cálculo para su empresa. Asimismo, contiene un video explicativo y de sensibilización sobre la autoevaluación y la transformación tecnológica.

En la imagen siguiente se presenta el inicio de la Página Web:



Imagen 1. Página Web: Inicio. Fuente: Elaboración propia.

El inicio de la Web presenta un diseño con poco texto y dirigido a los usuarios que les interesa evaluar a sus empresas. El texto es dinámico, presenta movimiento en su mensaje y dispone de un botón accesible y visible para realizar la evaluación que se denomina “Participar”, invitando al usuario a realizar una autoevaluación.

Asimismo, presenta un botón de “Conocer más” que conduce al usuario al video explicativo dentro de la misma visualización de inicio de la web. El acceso a la evaluación se repite abajo del audiovisual con un botón de “Contestar encuesta”.

La siguiente imagen presenta la parte inferior de la página de inicio, donde se visualiza el video y el acceso secundario a la encuesta:

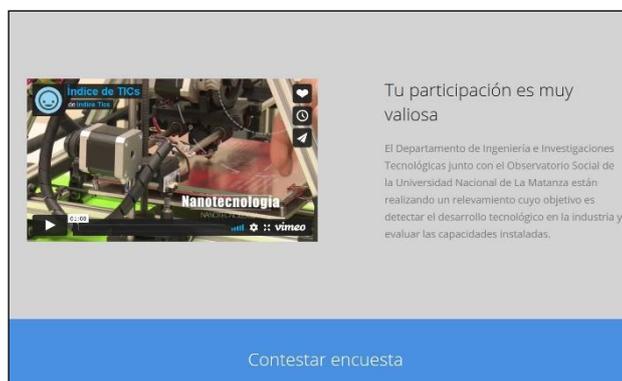


Imagen 2. Página Web: Video y acceso secundario de la Encuesta. Fuente: Elaboración propia.

La realización del audiovisual se llevó a cabo con la creación de un guión, la filmación y edición diseñados en colaboración por un equipo técnico del Instituto de Medios de la Universidad. A efectos de tomar imágenes propias, se realizaron entrevistas filmadas a los usuarios en sus propias fábricas. Las entrevistas, constituyeron un material que formó parte de un programa de noticias en vivo del canal de televisión que emite la Universidad, lo que generó gran empatía entre los entrevistados y alta visibilidad de las necesidades tecnológicas y económicas del sector en la región de referencia (<https://www.unlamtv.com.ar/>).

La edición final del material fue realizada en su locución y musicalización por expertos de edición audiovisual integrantes del equipo técnico colaborador.

En la siguiente imagen se presenta una captura de pantalla de un tramo del Video.



Imagen 3. Video explicativo del Índice de Inserción de TICs. Fuente: Elaboración propia.

A partir de que el usuario inicia el relevamiento ingresando a “Participar” o “Contestar Encuesta”, la aplicación le solicita los datos básicos de la empresa para su identificación y posterior categorización por tipología, localización, rama de actividad, entre otros. En la siguiente imagen se expone la pantalla de inicio del cuestionario:

Imagen 4. Encuesta Digital: Carga de datos de la Industria. Fuente: Elaboración propia.

Una vez que el usuario completa la información básica, presiona el botón “Siguiete” que se encuentra visible y diferenciado de los casilleros a completar y comienza a responder sobre los productos TICs que tiene implementados en su propia empresa, distribuidos en las 7 áreas funcionales que estructura el Índice de TICs.

El usuario visualiza en una sola pantalla, los productos concretos dentro de cada tipología de *Software*, *Hardware* e *Infraestructura* y debe tildar los productos que identifica que tiene en cada una de las áreas.

La visualización de la barra de progreso, así como los botones de “Volver” o “Siguiete” le brindan al usuario una ubicación contextual respecto de dónde está situado en el cuestionario.

La siguiente imagen, presenta una de las pantallas de productos, en la que el usuario identifica los productos de equipamiento *Hardware* y debe tildar aquellos que reconoce en su empresa:

Progreso: 41,67%

Uso de Equipamiento Hardware

11/24

¿Qué tipo de computadoras poseen y para qué funciones las utilizan?

Herramientas Función de la empresa	Dirección	Contabilidad y Finanzas	Ingeniería	Compras	Logística	Producción	Ventas
PCs de Escritorio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arquitecturas RISC	<input type="checkbox"/>						
Notebooks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tablets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VOLVER **SIGUIENTE**

Imagen 5. Encuesta Digital: Relevamiento de Hardware. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente imagen, presenta una de las pantallas de productos, en la que el usuario identifica los productos de *Infraestructura* y debe tildar aquellos que reconoce en su empresa:

Progreso: 62,5%

Uso de Equipamiento de Infraestructura

16/24

¿Poseen algunas de las siguientes Tecnologías? ¿En qué áreas los utilizan?

Herramientas Función de la empresa	Dirección	Contabilidad y Finanzas	Ingeniería	Compras	Logística	Producción	Ventas
Servidores Locales (Instalados en la empresa)	<input checked="" type="checkbox"/>						
Servicios en la nube (Cloud Computing)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Redes de Área Local cableadas	<input checked="" type="checkbox"/>						
Seguridad Informática	<input checked="" type="checkbox"/>						
Conexión a Internet	<input checked="" type="checkbox"/>						
Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VOLVER **SIGUIENTE**

Imagen 6. Encuesta Digital: Relevamiento de Infraestructura. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente imagen, presenta una de las pantallas de productos, en la que el usuario identifica los productos de *Software* y debe tildar aquellos que reconoce en su empresa:

Progreso: 79,17%

Uso de Software

20/24

¿Qué tipo de Sistemas de Gestión tienen en uso y en qué áreas los utilizan?

Herramientas \ Función de la empresa	Dirección	Contabilidad y Finanzas	Ingeniería	Compras	Logística	Producción	Ventas
Sistema de Gestión Integral (ERP -SAP, Tango, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>						
Sistema de Relación con Clientes (CRM)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistema de Atención de Reclamos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tablero de Control / Balanced Score Card	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Business Intelligence (Cubos, Data Warehouse)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Herramientas de Big Data	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Inteligencia Artificial - Machine Learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Software de Control Energético	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Logística/Abastecimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de Gestión de Calidad (SGC)	<input checked="" type="checkbox"/>						
Software para gestión de RRHH	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VOLVER SIGUIENTE

Imagen 7. Encuesta Digital: Relevamiento de Software. Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar con la carga de datos del cuestionario, la aplicación le solicita al usuario que ingrese una dirección de e-mail para recibir los resultados de la evaluación de su empresa, tal como lo muestra la siguiente imagen:

Progreso: 100%

¡Listo!

Ya terminamos de cargar todos los datos.

Utiliza la opción Volver si quieres revisar algún ítem nuevamente o presiona Finalizar para guardar la información y obtener la puntuación de tu empresa.

Dirección de e-mail

VOLVER FINALIZAR

Imagen 8. Encuesta Digital: Carga de E.Mail / fin carga de Datos. Fuente: Elaboración propia.

Cuando el usuario presiona el botón “Finalizar”, la aplicación realiza el cálculo del índice en tiempo real y determina el nivel de desarrollo tecnológico de la empresa relevada según los valores de los productos que tildó el usuario. Muestra en la pantalla el Valor y el Nivel obtenido para la empresa, tal como se puede observar en la siguiente imagen:



Imagen 9. Resultados del índice recibido por el Usuario. Fuente: Elaboración propia.

El resultado se visualiza mientras el usuario permanece en la pantalla, pero al mismo tiempo el software le envía un E.Mail en forma automática con el resultado obtenido para que pueda guardar la información. Asimismo, la casilla institucional que envía el resultado se encuentra disponible para consultas y análisis de la información detallada de cada empresa sobre los productos implementados o faltantes, en caso de que cada usuario así lo requiera.

4. RESULTADOS

La Herramienta de Evaluación Automática de TICs en la industria se aplicó de manera voluntaria en 40 industrias del distrito industrial de La Matanza, incluyendo empresas de la industria manufacturera de distintas ramas y tamaño.

Los resultados de la aplicación del índice a ese conjunto de empresas, permitió analizar que el 62,5% de las empresas autoevaluadas se encuentra en un Nivel Básico, el 35% se encuentra en un Nivel Medio y el 2,5% se ubica en el Nivel Avanzado de desarrollo tecnológico, según el índice.

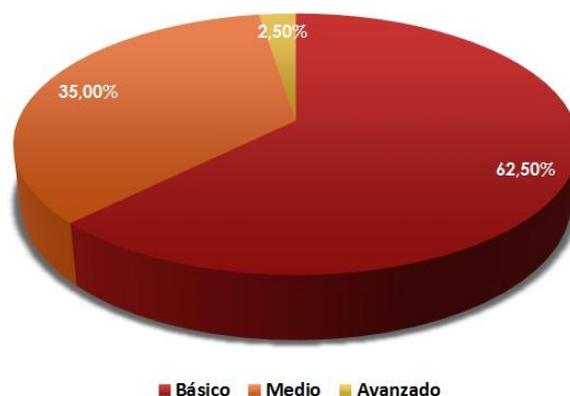


Gráfico. 1. Niveles según puntaje. Fuente: Elaboración propia.

Las ramas de actividad son variadas en los niveles básico y medio, en tanto que solo 1 (una) empresa se encuentra en el Nivel avanzado, pertenece al sector metalúrgico y es una gran empresa multinacional.

Respecto al tamaño de las empresas autoevaluadas con la herramienta, se observa que la estructura económica del distrito alberga gran cantidad de pequeñas empresas industriales, donde el 70% está conformado por micro y pequeñas empresas, en tanto que el 17,5% está conformado por empresas medianas en sus 2 tramos [12] y el 12,5% por grandes empresas industriales.

Sobre estos resultados, cobra mayor fuerza el perfil del usuario sobre el cual se diseñaron los instrumentos del estudio para la evaluación del nivel de desarrollo tecnológico autoadministrada.

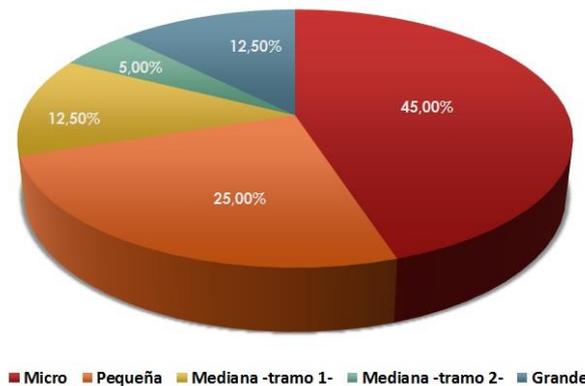


Gráfico. 2. Distribución según tamaño. Fuente: Elaboración propia.

El detalle de la información relevada sobre los productos tecnológicos implementados en cada empresa, así como las áreas funcionales en las que se encuentran operativos, permite profundizar el análisis específico para cada industria en cuanto a las capacidades para la transformación tecnológica hacia la industria 4.0, en tanto que permitiría evaluar las capacidades tecnológicas por rama de actividad.

Finalmente, el proceso aplicado arrojó como resultado la participación de 40 empresas interesadas en medirse, donde los responsables de las mismas han sido los usuarios involucrados en realizar la autoevaluación. No requirieron asistencia ni explicación al utilizar la web, ni al completar la encuesta o al utilizar el software con el índice.

En ese sentido, es dable resaltar que en las instancias de testeo y evaluación de la herramienta se quitaron las encuestas teóricas, con gran cantidad de preguntas y la asistencia de encuestadores. Se diseñaron todos los instrumentos para estimular a los usuarios a la autoevaluación.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado una Herramienta de Evaluación automática de TICs que permite detectar el nivel de desarrollo tecnológico en una industria. Todos los componentes que integran la herramienta (tanto el Front End como el Back End) permiten evaluar el nivel de desarrollo tecnológico de una industria en particular y realizar análisis por rama, tipo, tamaño, y/o región, de modo tal de realizar un análisis permanente y sistemático sobre la industria en la región.

Se definió el “usuario tipo” sobre el cual realizar el estudio, lo que resultó que fueran autoevaluadas de manera voluntaria 40 industrias de distinto tipo y tamaño.

El proceso de diseño aplicado facilitó el desarrollo de la herramienta focalizada en la industria, haciendo eje en la centralidad del usuario con responsabilidades sobre las decisiones de inversión y de adopción de tecnología de este sector productivo.

Una vez convalidados los tipos de TICs que definen a una empresa con necesidades de transformarse en una Industria 4.0 se trabajará a futuro en los criterios de usabilidad específicos para los productos TICs separados por áreas funcionales, dado que ellos dependerán los niveles de usabilidad del software implementado. En este sentido, el diseño, desarrollo e implantación de tecnologías en la industria constituye un eje central como soporte para el desarrollo productivo.

6. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Ciencia y Tecnología: Industria 4.0: Escenarios e impactos para la formulación de políticas tecnológicas en los umbrales de la Cuarta Revolución Industrial. Ed. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. (2015). Disponible en http://www.infoplc.net/files/documentacion/industria4/infoPLC_net_0000038319.pdf
- [2] Instituto Nacional de Propiedad Industrial: Acta 3857739, (2019). Disponible en <https://portaltramites.inpi.gob.ar/MarcasConsultas/Resultado?acta=3857739>
- [3] Instituto Nacional de Propiedad Industrial: Acta 3857740, (2019). Disponible en <https://portaltramites.inpi.gob.ar/MarcasConsultas/Resultado?acta=3857740>
- [4] Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., Garnero, P.: Industria 4.0: Fabricando el Futuro. Banco Interamericano de Desarrollo (2018). Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Industria-40-Fabricando-el-Futuro.pdf>
- [5] Albrieu, R., Basco, A., Brest López, C., de Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., Vienni, G.: Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina. Banco Interamericano de Desarrollo (2018). Disponible en https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Traves%C3%ADa_4.0_hacia_la_transf%ormaci%C3%B3n_industrial_argentina_es_es.pdf
- [6] ISO 13407: Human Centred Design Processes for Interactive Systems. International Standards Organization (1999). Disponible en <https://www.iso.org/standard/21197.html>
- [7] Bevan, N.: UsabilityNet Methods for User Centred Design. Human-Computer Interaction: theory and Practice (volume 1). Lawrence Erlbaum Associates (2003).
- [8] Peláez, C., Granollers, T., Solano, A., Castillo, P.: Product Design and Development Methodologies vs. Multimedia Systems Development Methodologies: an approximation from the foundations of their disciplines. Proceedings del XX Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (2019) Artículo No.: 40 Pages 1–7. Disponible en <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3335595.3335623>
- [9] Mon, A., Del Giorgio, H., Figuerola, C., Querel, M.: La Usabilidad en el Desarrollo de Software para la Industria 4.0. V Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano-Computador. Puebla, México (2019).
- [10] Del Giorgio, H., Mon, A.: Las TICs en las Industrias. Ed. Universidad Nacional de La Matanza. Buenos Aires, Argentina (2019). Disponible en https://indicetics.unlam.edu.ar/it/pdf/Las_TICs_en_las_Industrias.pdf
- [11] Mon, A., Figuerola, C., De María, E., Del Giorgio, H., Querel, M.: Inserción de TICs en el Desarrollo Industrial. III Congreso Argentino de Ingeniería, CONFEDI, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Resistencia, Universidad Nacional del Nordeste – Facultad de Ingeniería. Resistencia, Argentina. ISBN 978-950-42-0173-1 (2016).
- [12] Resol. 220/19 (2019) Ministerio de Producción y Trabajo, Registro de Empresas MIPYMES, Resolución S.E. PyME 220/19, Boletín Oficial Nacional. Vigencia 15/4/19. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-220-2019-322102>

Comparación y análisis de las propiedades mecánicas y dimensionales de piezas poliméricas conformadas por FDM y moldeo por inyección para la generación de un protocolo de impresión para la obtención de resultados homogéneos

Lucioni, Juan Ignacio; Gallart, Alejandro; Varetto, Valentina; Cazes, Nicolás Juan; Chalfoun, Dannisa R.

Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)

*Av. Eduardo Madero 399 C1106ACD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
jlucioni@itba.edu.ar; agallart@itba.edu.ar; vvaretto@itba.edu.ar; ncazes@itba.edu.ar;
dchalfoun@itba.edu.ar*

RESUMEN

El modelado por deposición de material fundido (*Fused Deposition Modelling*, FDM) es un proceso de manufactura aditiva que permite obtener piezas con geometrías complejas en tiempos relativamente cortos que facilitan el prototipado. Adicionalmente, disminuye la cantidad de material utilizado debido a la capacidad de obtener una pieza con rellenos variables y a su vez, permite simplificar el inventario de una empresa. Sin embargo, las propiedades mecánicas de las piezas pueden variar en función del tipo de material, los parámetros de impresión (tipo de relleno, dirección de impresión, altura de capa, cantidad de perímetros, etc.), de las variables ambientales durante el proceso de impresión (ej: temperatura y humedad relativa), como así también en función del tipo de máquina utilizada. En este trabajo se incluye una revisión bibliográfica de las propiedades de los materiales poliméricos: PLA, ABS y Nylon 6, y de los parámetros de impresión relevantes para obtener propiedades mecánicas homogéneas en una probeta de tracción de acuerdo a la norma ASTM D638. Las propiedades reportadas para el proceso de FDM se comparan con las obtenidas por moldeo por inyección. Adicionalmente, se analizan mejoras técnicas que podrían practicarse en máquinas de impresión comerciales (o *hobbistas*) para lograr un mejor control de las variables ambientales que afectan al proceso de impresión. Finalmente, se propone la generación de un protocolo de impresión que incluye las principales variables a controlar y sus valores de referencia con el objetivo de obtener propiedades dimensionales y mecánicas homogéneas para, en una segunda parte de este proyecto, realizar una comparación experimental mediante la caracterización de dichas propiedades entre probetas impresas con una máquina profesional, las producidas en una impresora comercial, y aquellas obtenidas por moldeo por inyección.

Palabras Claves: FDM; parámetros de impresión; materiales poliméricos; probeta ASTM D638; protocolo de impresión.

ABSTRACT

Fused Deposition Modelling (FDM) allows the manufacturing of components with complex geometries in relatively short times that facilitate prototyping. Additionally, FDM reduces the amount of material due to the ability to assemble components with varying types of infills, and also, can simplify a company's inventory. However, final mechanical properties can differ depending on the type of material, printing parameters (infill, printing orientation, layer height, number of perimeters, etc.), the environmental conditions during the printing process (e.g., temperature and relative humidity), as well as the type of machine used. This work includes an evaluation of the properties of polymeric materials: PLA, ABS and Nylon 6, and the relevant printing parameters to obtain homogeneous mechanical properties in an ASTM D638 tensile specimen, based on a literature review. The properties reported for the FDM process are compared with those obtained by injection molding. Additionally, technical improvements that could be incorporated in commercial (or hobbyist) printing machines are analyzed to attain a better control of the environmental variables that could affect the performance of the printing process. Finally, a printing protocol is developed, which includes the main variables to be controlled and their reference values to obtain samples with homogeneous properties. Thus, in a future stage of this project, an experimental analysis can be made after characterizing the dimensional and mechanical properties between the specimens printed with a professional machine, those produced on a commercial printer, and those obtained by injection molding.

Keywords: FDM; printing parameters; polymeric materials; ASTM D638 specimen; printing protocol.

1. INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva es un proceso que ofrece oportunidades para revolucionar la industria, pero a su vez presenta desafíos para lograrlo. Esta técnica consiste en la deposición de material de forma precisa para conformar la pieza, a diferencia de un proceso de remoción de material, en el cual se parte de un volumen macizo de mayor tamaño al que se le extrae material hasta obtener la forma de la pieza deseada [1]. De esta forma, con la manufactura aditiva es posible obtener piezas con geometrías intrincadas utilizando menor cantidad de material y sin la necesidad de recurrir a moldes con la forma deseada. La impresión 3D es uno de los procesos de manufactura digital y aditiva más utilizados. Este proceso consiste en agregar capas de material de forma tal de conformar una pieza mediante la superposición de estas capas. Existen distintos tipos de procesos de impresión 3D, uno de ellos es el modelado por deposición fundida (FDM) que consiste en fundir un filamento de un dado polímero para generar las capas mencionadas anteriormente [2].

Existe una amplia variedad de máquinas de FDM en el mercado que incluye desde impresoras comerciales, que son más accesibles para particulares y pequeñas y medianas empresas (PyMEs), hasta impresoras industriales que suelen ser más costosas pero que permiten obtener piezas finales de mayor prestación [3]. Las impresoras industriales brindan mayor confiabilidad y estabilidad en cuanto a las propiedades mecánicas y dimensionales finales de la pieza, mientras que las hobbistas son más difíciles de controlar en este sentido. Esto se debe a que generalmente las impresoras hobbistas no están encapsuladas y tienen mayor grosor de capa [4]. Además, las máquinas industriales suelen ser más rápidas [5]. Por otro lado, las impresoras comerciales son más económicas que las industriales, con un costo aproximado de entre USD 250 [6] y USD 1.600 [7] y de entre USD 20.000 y USD 100.000 para las industriales [8].

Las impresoras FDM permiten el procesamiento de una gran diversidad de materiales poliméricos termoplásticos. Sin embargo, mediante modificaciones en el cabezal es posible utilizar otros materiales como filamentos poliméricos con refuerzos de carga (fibra de vidrio o de carbono) [9], como así también aleaciones metálicas de bajo punto de fusión ($T_m < 300^\circ\text{C}$) [10]. También se puede modificar una impresora FDM para que manipule materiales como concreto, cerámicos e incluso pastas de alimentos [11].

La impresión 3D por FDM brinda una forma de producir piezas que serían sumamente difíciles de conseguir con otro método de manufactura tradicional. Por ejemplo, piezas con patrones internos complejos o piezas entrelazadas que no necesiten ser ensambladas [12]. Además es posible reducir el inventario de repuestos en líneas de producción [13] y permite la obtención de prototipos de manera más rápida y barata que por otros métodos, como el de mecanizado. Adicionalmente, la manufactura aditiva por FDM puede reducir la cantidad de material y consecuentemente el peso de algunas partes a través de la optimización del diseño de la pieza y de sus parámetros de impresión [2]. De todas formas, hay ciertos desafíos y desventajas con este método de fabricación. Las piezas impresas por FDM tienen características anisotrópicas por la naturaleza del proceso, debido a la impresión por capas y a la influencia de la orientación de impresión [14]. La precisión geométrica de las piezas también es otro aspecto a mejorar. Las mismas se deben en parte a factores como la deformación heterogénea que sufre la pieza durante el enfriamiento, y a limitaciones estructurales como la geometría de la boquilla [4]. Además, aunque la implementación de este proceso está creciendo rápidamente en la actualidad acompañado de mejoras en su prestaciones, esta tecnología continúa en su etapa de maduración por lo que la cantidad de expertos y técnicos especializados es menor que la que se encuentra en otros procesos de manufactura tradicionales, como moldeo por inyección que fue patentado en el año 1872, mientras que el primer registro de una impresión 3D es de 1981 [15].

Las propiedades mecánicas de una pieza impresa por FDM dependen de su diseño y material, como así también de los parámetros de impresión seleccionados y de las condiciones ambientales del proceso. El objetivo del trabajo es analizar detalladamente la influencia de dichos parámetros en las propiedades mecánicas y dimensionales de la pieza final a partir de una revisión bibliográfica.

Se evaluaron los parámetros de impresión, las condiciones ambientales óptimas y se seleccionó el material polimérico para obtener una probeta de propiedades mecánicas y dimensionales homogéneas, como así también los ensayos para caracterizar las mismas. Adicionalmente, se generó un protocolo de impresión a partir de los resultados obtenidos.

1.1. Parámetros de impresión y condiciones ambientales.

Los principales parámetros de impresión que afectan las propiedades mecánicas y dimensionales de la pieza impresa son: porcentaje de relleno; patrón de relleno; altura de capa; plano de impresión; cantidad de perímetros y temperatura de extrusión [16, 17, 18]. A continuación se incluye una descripción de dichos factores.

1.1.1. Porcentaje de relleno.

El porcentaje de relleno representa la cantidad de material que ocupa el interior de una pieza impresa y puede variar entre 0 y 100%. La posibilidad de cambiar la densidad de una pieza variando el porcentaje de relleno es una de las ventajas principales de la impresión 3D. Las propiedades mecánicas aumentan con dicho parámetro y el máximo valor posible para el límite elástico de una pieza se obtiene para un relleno del 100% (ver Figura 1) [19]. R. Lagos y colaboradores reportan que para ABS impreso por FDM con un 80% de relleno, el límite elástico alcanza los 21 MPa, mientras que con un 100% de relleno, el mismo puede alcanzar los 35 MPa [20], obteniéndose una mejora del 67% en el límite elástico [20].

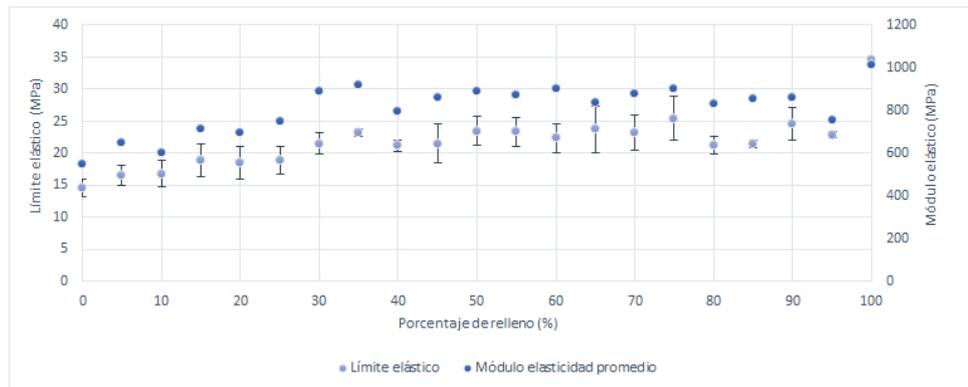


Figura 1 Límite elástico y módulo de elasticidad en función del porcentaje de relleno [19]. Las barras de error representan la desviación estándar obtenida para el límite elástico [19].

1.1.2 Patrón de relleno.

El patrón de relleno se define a partir del ángulo que forman los filamentos con respecto a la dirección principal del esfuerzo al cual se encuentra sometida la pieza [18]. Las direcciones con respecto al eje longitudinal más utilizadas para la impresión se presentan en la Figura 2.

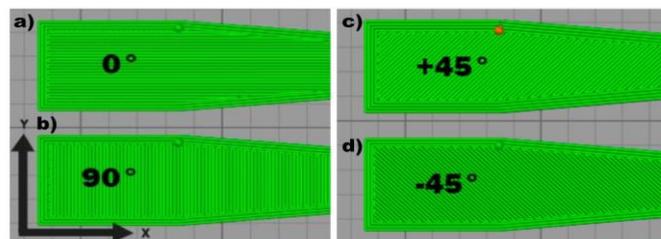


Figura 2 Patrones de relleno a) 0°, b) 90°, c) +45°, d) -45°.

Adicionalmente, pueden utilizarse otras direcciones de impresión que permiten obtener patrones de relleno con geometrías particulares, como se puede ver en la Figura 3.

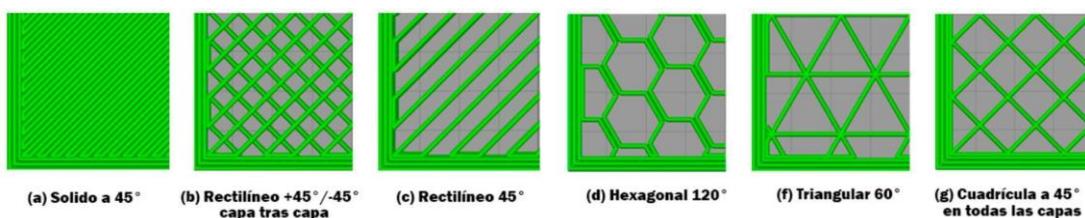


Figura 3 Geometrías de relleno para impresión 3D.

El efecto principal de la dirección de impresión es la anisotropía en las propiedades finales de la pieza. Por lo tanto, dependiendo de la dirección de los esfuerzos a los cuales se encuentre

sometida la pieza de trabajo, se define la dirección óptima de impresión como aquella que maximiza las propiedades mecánicas en ese sentido. Por lo tanto, para obtener los mejores resultados posibles en un ensayo de tracción uniaxial, la mejor orientación para la impresión es la de 0° , es decir, la que coincide con la dirección del esfuerzo de tracción [20].

1.1.3 Cantidad de perímetros.

Además del contorno exterior de la pieza, durante la impresión 3D se pueden añadir perímetros (o marcos) con el fin de aumentar el grosor de la pieza [18]. Schmitt observó luego de un ensayo de tracción bajo la norma ASTM D638 con una probeta de ABS con relleno del 100%, que la tensión de fluencia (σ_y) y el módulo de Young (E) aumentaba con una mayor cantidad de perímetros [18]. Sin embargo, dicho autor determinó que a partir de ocho perímetros las mejoras en las propiedades alcanzaban un valor límite por lo que un aumento en dicho parámetro sólo resulta en un incremento del tiempo de impresión [18].

1.1.4 Altura de capa.

La altura de capa se define como la distancia entre dos capas consecutivas [21]. En teoría, la altura de capa puede adquirir valores desde 0 hasta el diámetro de la boquilla extrusora, aunque en la práctica se utilizan valores menores al diámetro para lograr una mejor adherencia entre capas [21]. Cuanto más pequeña sea la altura de la capa, el prototipo será más preciso en relación a su geometría, pero necesitará más capas y, consecuentemente, más tiempo de impresión y consumo energético [21]. Por otro lado, si la altura de capa se encuentra cercana al diámetro de la boquilla, experimentalmente se pueden encontrar partes de la pieza con poca resistencia mecánica porque la compresión de la boquilla sobre el filamento es baja [21]. Si además la velocidad de impresión es alta, puede ocurrir que parte del filamento se desprenda de la capa al adherirse a la boquilla, por lo cual si se utiliza una altura de capa cercana al diámetro de la boquilla se suelen utilizar velocidades de impresión bajas, implicando una menor eficiencia - en relación a tiempo/energía - en el proceso de impresión [21]. Para considerar en conjunto la eficiencia al imprimir, la resistencia mecánica de la pieza y la precisión geométrica requerida, se suele utilizar una altura de capa que tenga el valor de la mitad del diámetro de la boquilla [21].

1.1.5 Plano de impresión.

El plano de impresión hace referencia al plano. Los planos más frecuentemente utilizados son XY, XZ e YZ, que se pueden observar en la Figura 4.

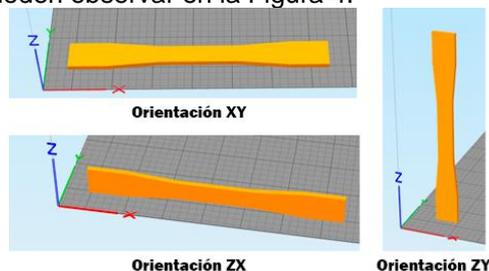


Figura 4 Planos de impresión.

El plano de impresión que se utilice tendrá influencia sobre el consumo energético que se requerirá durante la impresión, el tiempo de impresión y la tolerancia dimensional de la pieza [17]. Para minimizar el consumo de energía y el tiempo de proceso y obtener en simultáneo una buena tolerancia dimensional, el plano que se debe utilizar es el XY, debido a que se reduce la cantidad de capas a imprimir [17], presenta una mayor área de adherencia con la placa y se encuentra en una posición más estable. A su vez al utilizar la mayor superficie de contacto posible sobre la mesada se mejora la adhesión a la mesada, en este caso esta orientación también contribuye con la forma en la que quedarán dispuestas las capas para poder soportar un mayor esfuerzo a tracción.

1.1.6 Temperatura de extrusión.

La temperatura de extrusión es aquella que se mide, por medio de un termistor, en el bloque calefactor de la extrusora. Se busca que el filamento alcance y posteriormente mantenga esa misma temperatura durante el proceso de extrusión por la boquilla [22]. Las partes del extrusor se pueden ver en la figura 5.

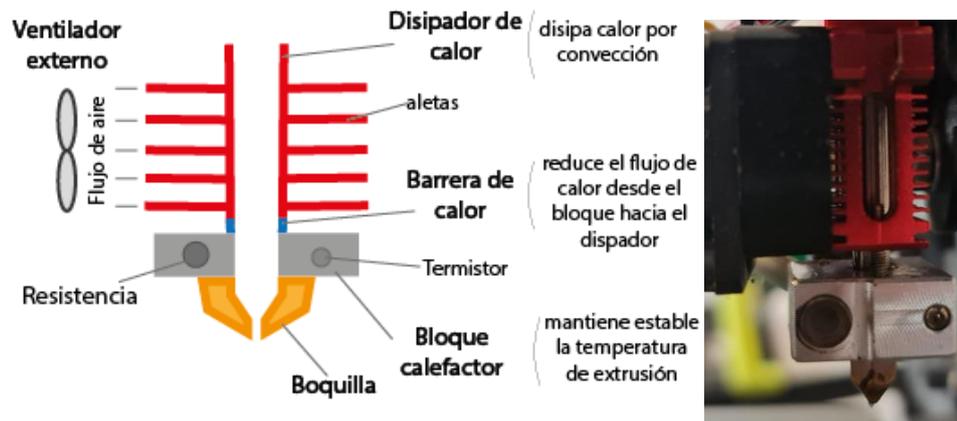


Figura 5 Estructura y partes de un extrusor estándar de impresión por FDM a la izquierda; Imagen real del extrusor de la impresora.

Esta temperatura juega un rol importante en la posterior formación de las uniones en el material durante el enfriamiento de la pieza. Para un enfriamiento dado, cuanto mayor tiempo se pueda mantener el material depositado por encima de su temperatura de transición vítrea (T_g), más ancho va a ser el cuello de unión entre filamentos de distintas capas y con uniones de mejor calidad, logrando mejores propiedades mecánicas [23]. Sin embargo, se debe tener en cuenta que una temperatura muy alta puede conllevar a la degradación del material y a que el filamento pierda su estabilidad estructural, resultando en una disminución de las propiedades mecánicas [24]. La temperatura óptima de extrusión depende tanto del material a extruir como de la geometría del extrusor [22].

1.1.7 Condiciones ambientales.

Las condiciones del entorno pueden influir en la estabilidad de la temperatura durante el proceso de impresión. Las fluctuaciones en la temperatura ambiental pueden generar defectos en las piezas impresas durante la contracción por solidificación (*warping*) o por delaminación [25,26]. Particularmente, piezas impresas en ABS pueden sufrir contracciones por enfriamiento que afectan la calidad superficial [27]. Se ha observado que las capas con mayor exposición al ambiente presentan mayor grado de degradación superficial que las capas internas de una misma pieza debido a la influencia de los cambios de la temperatura ambiental durante el proceso de impresión [27]. Es por esto mismo que para mejorar la estabilidad del proceso de impresión es importante mantener constante la temperatura ambiental.

En relación a la humedad, el diámetro del ABS aumenta si está expuesto a humedad con un ritmo de absorción que puede ser variable durante el proceso de impresión y su almacenamiento [28]. Si bien la humedad del ambiente no tiene influencia directa sobre el grado de humedad de una pieza de ABS, a mayor humedad ambiental, mayor será el ritmo de absorción de humedad de la pieza [28]. Por ende, al considerar la estabilidad de un proceso de impresión, se debe considerar con qué humedad ambiental se estará trabajando para contemplar las posibles variaciones en el grado de absorción de humedad del polímero en cuestión.

1.2. Material.

Para la elección del material de las probetas a ensayar en este trabajo se comparan los siguientes materiales poliméricos: ácido poliláctico (PLA), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y Nylon 6.

El PLA es un termoplástico biodegradable con una temperatura de transición vítrea (T_g) de entre 55-56°C y una temperatura de fusión (T_m) de aproximadamente 170-180°C, dependiendo del nivel de monómeros residuales y su proceso de conformación [29]. El PLA se destaca por su amplio rango de aplicación, desde usos en la medicina hasta procesos industriales de empaquetado [29]. El ABS es un termoplástico amorfo con una temperatura de transición vítrea de aproximadamente 105°C [30]. Su extendido uso se debe principalmente a su fácil conformabilidad, liviandad y resistencia a la abrasión [31]. El Nylon 6 es un polímero semicristalino sintético de la familia de las poliamidas, con una T_g de 43-54°C [32] y una T_m de 245-250°C aproximadamente [33]. El Nylon 6 provee una combinación de altos valores en sus propiedades mecánicas en comparación con otros polímeros, estabilidad química y resistencia a la ignición [34].

Estos materiales se compararon en base de los siguientes criterios:

- i) Propiedades mecánicas de los polímeros obtenidos por moldeo por inyección.
- ii) Diferencia de las propiedades mecánicas entre FDM e inyección.
- iii) Compatibilidad con las máquinas FDM disponibles en el laboratorio de manufactura digital (ITBA).
- iv) Costo.

1.2.1 Propiedades mecánicas de los polímeros obtenidos por moldeo por inyección.

En la Tabla 1 se indican los valores medios de las propiedades mecánicas principales reportadas en la literatura para cada material según el tipo de proceso de fabricación [35]. El módulo de Young, la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura se obtuvieron a partir de ensayos de tracción por quintuplicado de probetas ASTM D638 [36], mientras que la resistencia al impacto se midió utilizando ensayos de Izod en cinco probetas ASTM D256 sin entalla [37]. Cabe destacar que las probetas utilizadas en [35] se obtuvieron para los tres materiales por FDM con una orientación de impresión de 0°/90°, un relleno del 100%, dos perímetros externos y 0,15 mm de altura de capa. Mientras que las obtenidas por inyección fueron constituidas por una máquina hidráulica de moldeo por inyección BOY 22M con una fuerza de cierre de 220 kN [35].

Tabla 1 Propiedades mecánicas de PLA, ABS y nylon 6, para FDM e inyección [35].

	PLA		ABS		Nylon 6	
	FDM	Inyección	FDM	Inyección	FDM	Inyección
Módulo de Young [GPa]	0,78	1,47	1,31	1,62	1,46	1,71
Resistencia a la tracción [MPa]	24,70	47,50	44,22	67,00	49,52	78,60
Alargamiento a la rotura [%], G = 50 mm	3,86	5,75	6,15	12,50	14,18	24,70
Resistencia al impacto [KJ/m²]	4,00	22,00	38,00	81,00	26,00	57,00

De acuerdo a las propiedades mecánicas estáticas medidas en las probetas obtenidas por inyección, se observa que el Nylon 6 presenta el mejor desempeño, seguido por el ABS y en último lugar el PLA. Particularmente para la resistencia a la tracción el valor medio del Nylon 6 fue 17,31% y 65,47% superior que la medida para el ABS y el PLA, respectivamente. Los altos valores de las propiedades mecánicas del Nylon 6, se pueden explicar en base a la heterogeneidad de la microestructura del material [38]. Por un lado, los resultados concuerdan con que las mesoestructuras poliméricas semicristalinas poseen valores de las propiedades mecánicas más altas que las estructuras amorfas, esto explica la relación entre el Nylon 6 y el ABS [39]. Por otro lado, los bajos valores del PLA se pueden explicar a través de su composición química, debido a que cuenta con varios tipos de monómeros residuales, cuya presencia y cantidad depende del proceso de fabricación y de los materiales usados para su producción. Estas irregularidades son un factor que afecta negativamente las propiedades mecánicas independientemente del proceso de fabricación utilizado para la probeta [40]. En cambio, para el ensayo de resistencia al impacto el mejor valor fue obtenido para el ABS siendo este un 268,2% superior al del PLA y un 42,0% por encima del Nylon 6.

1.2.2 Diferencia de las propiedades mecánicas entre FDM e inyección.

Respecto al efecto de los procesos de manufactura, se observa que el módulo de Young, que es una medida de la rigidez del material, medido en las probetas fabricadas con FDM presentan una disminución porcentual respecto del obtenido para las probetas inyectadas de 47,2%, 18,9% y 14,5% para PLA, ABS y Nylon 6, respectivamente. La resistencia a la tracción también disminuyó en las probetas impresas con FDM de manera similar para los tres materiales ensayados, siendo el PLA el que presentó la mayor diferencia porcentual con un 48%, mientras que el ABS y el nylon 6 registraron una pérdida en dicha propiedad de 34% y 37%, respectivamente. Adicionalmente se observó una pérdida en la ductilidad de las probetas impresas por FDM respecto de las obtenidas por inyección, siendo el Nylon 6 el que presentó la mayor penalización con una disminución del 50,8%, mientras que para ABS se midió una reducción en la ductilidad del 42,6% y de 32,9% para el PLA. A nivel general, las menores diferencias porcentuales en las propiedades mecánicas se obtuvieron para el Nylon 6, lo que puede racionalizarse en función del efecto de la conductividad

térmica en el proceso de vinculación entre las distintas capas. Se observa que a mayor niveles de conductividad térmica, es posible mantener durante más tiempo la temperatura por encima de su temperatura de transición vítrea en las capas inferiores resultando en una mejor vinculación entre los filamentos depositados [23]. En la bibliografía se reportan valores de conductividad térmica a 23°C para filamentos de Nylon 6 entre 0,24 - 0,28 W m⁻¹ K⁻¹, 0,17 W m⁻¹ K⁻¹ para el ABS [41] y aproximadamente 0,13 W m⁻¹ K⁻¹ para el PLA [42].

1.2.3 Compatibilidad con las máquinas FDM disponibles en el laboratorio de manufactura digital (ITBA).

Los tres materiales evaluados son compatibles tanto con la máquina comercial como con la industrial que se utilizarán en la etapa experimental de este trabajo. Cabe destacar que la máquina comercial será acondicionada para asegurar el control de las condiciones ambientales durante la impresión de las piezas y su enfriamiento correspondiente. La máquina industrial que se utilizará corresponde al modelo Fortus 250 (Stratasys).

1.2.4 Costo.

Finalmente, en el mercado actual (2021) los precios de filamentos para FDM en US\$/kg son aproximadamente de 19,86 [43], 18,98 [44] y 43,98 [45] para el PLA, ABS y Nylon 6, respectivamente.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los cuatro criterios anteriores, se seleccionó al ABS como el material a utilizar en la segunda etapa de este trabajo. Este se mantuvo dentro de un rango inferior al 50% para las pérdidas de las propiedades mecánicas, mantuvo un alto desempeño en la resistencia al impacto respecto a los otros materiales, y su costo es relativamente bajo.

1.3. Ensayos mecánicos.

Se realizó una selección del ensayo mecánico a utilizar en este trabajo a partir de las propiedades que pueden medirse a partir de los mismos. Para ello se consideraron ensayos de tracción uniaxial según norma ASTM D638, de compresión (ASTM D695), de flexión (ASTM D790) y de impacto (ASTM D256). Adicionalmente se evaluó la posibilidad de realizar ensayos para medir la densidad (ASTM D1505) como así también, otras propiedades como por ejemplo, la resistencia a la abrasión (D1044 / D1242). En particular, el ensayo de tracción permite cuantificar propiedades significativas como la tensión de fluencia, la resistencia a tracción, el módulo de Young, el alargamiento a la rotura, el coeficiente de Poisson, y la tenacidad estática de un material [46]. Por lo tanto se consideró dicho ensayo para poder maximizar la cantidad de información a obtener a partir de un sólo tipo de experimento. Adicionalmente, se tuvo en cuenta que las propiedades mencionadas, en especial la tensión de fluencia y la resistencia a la tracción, son las más utilizadas a la hora de dimensionar una pieza como así también para explorar sus limitaciones en función de un proceso de conformado.

Un ensayo de tracción consiste en estirar uniaxialmente y cuasiestáticamente una probeta de dimensiones normalizadas utilizando una máquina de ensayos universal que, mediante una celda de carga, permite elevar la carga aplicada sobre la muestra hasta que alcanza la rotura. Con un extensómetro se mide la deformación de la probeta durante la etapa de deformación elástica y de esta forma se puede realizar un gráfico de tensión-deformación preciso. Cabe destacar que este ensayo es muy dependiente de las condiciones ambientales como la temperatura, y de las condiciones del ensayo en sí como la velocidad de deformación utilizada durante el mismo [46].

1.3.1 Selección de la probeta a utilizar.

Una vez definido el ensayo de tracción especificado para probetas de material polimérico de acuerdo a ASTM D638. Las dimensiones de la probeta se encuentran en la figura 6. Las propiedades dimensionales de las probetas se medirán para poder incluirlas como variables a controlar para el análisis y comparación de los procesos de impresión utilizados.

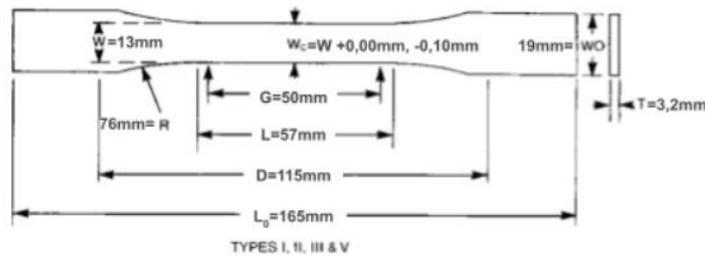


Figura 6 Probeta tipo 1 - Norma D638.

1.4. Diseño de experimentos y selección de los parámetros de impresión por FDM.

Una vez seleccionado el material y el tipo de ensayo a realizar, se procedió a diseñar los experimentos en función de las máquinas de impresión, como así también de acuerdo a los parámetros para la impresión. A partir de la etapa de investigación preliminar realizada en la sección 1.1. Se definieron los valores para cada parámetro teniendo en cuenta que, según la bibliografía disponible, cada valor seleccionado fue el que arrojó mejores resultados en pruebas de tracción. En particular, para este trabajo se fabricarán por FDM probetas de tracción de acuerdo a ASTM D638 cuya orientación de relleno estará alineada con la dirección de la carga aplicada, impresa en el plano XY con un relleno del 100% y una altura de capa de 0,33 mm. A pesar de que Schmitt establezca 8 perímetros como el punto a partir del cual no se obtienen mejores propiedades, se utilizarán 10 perímetros para ambas impresoras ya que la máquina industrial no permite 8 perímetros. La temperatura de extrusión será de entre 245-250°C para la hobbista y 310°C para la industrial. La mesada de la impresora hobbista se mantendrá a 70°C mientras que la industrial no cuenta con una mesada calentada. La superposición de perímetros se configurará en 35% para la comercial y en 20% para la industrial. La velocidad de movimiento se establecerá en 3200 mm/min para la hobbista y 5000 mm/min para la profesional. El multiplicador de alimentación será de 1,03 para la hobbista y de 1,00 para la industrial. Para la impresora hobbista el ancho de extrusión será de 0,65 mm y para la industrial de 0,26 mm. Para la producción de las probetas se utilizarán dos máquinas de impresión FDM:

- i) una máquina comercial a la cual se le realizaron acondicionamientos, como por ejemplo: cerramiento de cámara de impresión, adición de sensores de temperatura y humedad relativa ambiente, y
- ii) una máquina industrial modelo "Fortus 250 (Stratasys)" de gama profesional.

Debido a que el objetivo de este trabajo implica analizar las diferencias que puedan ser atribuidas a la naturaleza de ambas máquinas de impresión, para luego comparar dichos resultados con las propiedades de una pieza fabricada por moldeo por inyección, se procedió a generar un protocolo de impresión para asegurar la repetibilidad entre impresiones y condiciones ambientales. Las consideraciones tenidas en cuenta para la elaboración del protocolo se detallan a continuación. Se aclara que con el fin de reducir el ruido electrónico el cual puede causar errores en la impresión, se reiniciará la máquina por cada lote de impresión. Un lote quedará definido como el conjunto de tres piezas obtenidas consecutivamente sin necesidad de reiniciar la máquina.

2. RESULTADOS

En esta sección se aplicarán los resultados obtenidos para generar un protocolo de impresión, conservación de muestras y ensayo dimensional.

2.1. Protocolo de Impresión y ensayo dimensional.

2.1.1 Materiales.

Se utilizará un filamento de ABS de color natural (sin pigmentos), con una densidad de 1,05 g/cm³ y diámetro de 1,75mm.

Como buena práctica se almacenarán los filamentos en su envase al vacío, en un contenedor hermético en un lugar fresco y seco, manteniendo la temperatura por debajo de los 50°C para evitar la interacción con el medio y su posible degradación prematura [47]. También se recomienda mantener el nivel de humedad del depósito entre el 15% y el 20% [25] utilizando sílica gel para evitar que el filamento absorba la humedad del ambiente. Para realizar las mediciones de temperatura y humedad del almacenamiento se utilizará un sensor de Arduino modelo Dht11.

2.1.2 Condiciones ambientales.

Se realizará el control de cuatro temperaturas del proceso:

- i) la temperatura de la mesada (T_{mes}),
- ii) la temperatura de la boquilla (T_b),
- iii) la temperatura ambiente (T_{amb}), y
- iv) la temperatura dentro de la recámara (T_{rec}) que contiene la impresora.

Las temperaturas T_{mes} y T_b son controladas continuamente por los sensores de la máquina, y los valores establecidos figuran en la Figura 7 de acuerdo a un rango de $\pm 2^\circ\text{C}$ [23].

Para los parámetros ambientales se determinaron rangos que permiten el correcto funcionamiento de la impresora, para la temperatura ambiental esta se establecerá entre $18\text{-}30^\circ\text{C}$ y será controlada por un sensor de temperatura y humedad de Arduino modelo Dht11 ubicado fuera de la recámara para ambas impresoras. Para la temperatura de la recámara de la impresora comercial se ubicará un termohigrómetro digital en el interior del recinto de impresión [48]. Adicionalmente, los valores de humedad relativa ambiental para ambas impresoras se establecieron entre $30\%\text{-}70\%$ [49] y para medirla se utilizará el sensor de Arduino. Todas las mediciones de los parámetros se realizarán en tiempo real, por lo cual se recomienda realizar un seguimiento de los mismos con una frecuencia de 10 minutos. Los parámetros al inicio de la impresión de un lote serán registrados en la hoja de verificación (figura 7), mientras que cualquier anomalía en alguno de los parámetros durante los chequeos rutinarios serán comentados en la sección de *observaciones* en la misma hoja.

2.1.3 Procesos.

Para el proceso de impresión se reiniciará la máquina por cada lote de impresión con el fin de reducir el ruido electrónico el cual puede causar errores en la impresión. Los principales procesos del protocolo de impresión quedan establecidos de la siguiente manera:

i) Codificación de la Pieza:

Para registrar correctamente las piezas impresas, se asignará un código a cada una de ellas. Dicho código se debe colocar sobre cada pieza de manera de evitar el posible deterioro de la misma. La codificación será la siguiente: NN-DD-MM-LL-MU; donde “NN”: número dentro del lote; “DD”: día; “MM”: “mes”; “LL”: número de lote; “MU”: máquina utilizada, C (comercial) o I (industrial).

ii) Ensayos dimensionales:

Las mediciones de las dimensiones de la probeta se realizará con un calibre digital luego de retirar las probetas de la mesada de impresión una vez que su temperatura se haya estabilizado a la temperatura ambiente durante al menos una hora. Se tomarán medidas de los parámetros referidos a la figura 6: G, T, W_c , W_0 . Los valores de referencia para cada parámetro figuran en la Figura 7. El margen de error a tolerar se establecerá en $\pm 0,25\text{ mm}$, $\pm 0,4\text{ mm}$, $\pm 5\text{ mm}$, $-0\text{ +}6,4\text{ mm}$ correspondientemente para las medidas G, T, W_c y W_0 [36]. Todas las medidas para cada probeta serán registradas en la planilla (figura 7), para su posterior procesamiento y análisis mediante histogramas.

iii) Preservación de las muestras:

La preservación de las muestras se realizará bajo el siguiente procedimiento para protegerlas de la interacción con el medio ambiente. Primero se introduce la muestra en un envoltorio hermético. A su vez, dicho envoltorio con la muestra se coloca en un recipiente hermético. Para controlar la humedad se colocan bolsas de sílica gel dentro del recipiente. El recipiente debe ser almacenado en un ambiente por debajo de los 50°C [47].

iv) Hoja de verificación

Con el fin de controlar de manera sistémica el cumplimiento de las condiciones ambientales establecidas para las impresiones, se constituyó una hoja de verificación con las variables previamente mencionadas para verificar las condiciones del proceso de impresión y registrar el control dimensional de la probeta. Dentro de la columna de *valor establecido* los valores a la izquierda corresponden a la máquina comercial y los de la derecha a la máquina profesional. En caso de que el valor sea el mismo para ambas máquinas sólo figura una vez.

Hora de impresión (inicio / fin)		
Código de probeta:		
Parámetro	Valor establecido Máquina Comercial / Máquina Industrial	Valor medido
T _{amb} inicial (°C)	18-30°C	
T _{rec} inicial (°C)	40-60°C / 70-90 °C	
T _b inicial (°C)	245-250 °C / 310 °C	
T _{mes} inicial (°C)	70 °C / -	
Humedad inicial (%)	30-70 %	
Dimensiones Probeta	Hora de medición	
G [mm]	50	
T [mm]	3,2	
W _c [mm]	13	
W ₀ [mm]	19	
Observaciones		

Figura 7 Planilla de seguimiento de las condiciones ambientales de acuerdo al protocolo establecido.

3.CONCLUSIONES

A partir de una revisión bibliográfica, se compararon las propiedades mecánicas reportadas en la literatura para piezas de PLA, ABS y Nylon 6 conformadas por moldeo por inyección y por FDM. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la variabilidad en las propiedades mecánicas y dimensionales que pueden resultar luego de fabricar una pieza de características homogéneas con una impresora FDM comercial y una industrial. En esta etapa, se definieron tanto el material a utilizar, como los parámetros de impresión, las variables ambientales, el tipo de probeta y sus características deseadas, como así también los ensayos dimensionales y de propiedades mecánicas a medir.

Se seleccionó el ABS como la opción más conveniente para fabricar las probetas por FDM. Esto se debe a que frente al Nylon 6 y el PLA, el ABS presenta la menor pérdida en la resistencia a la tracción y la mejor resistencia al impacto en comparación con una probeta de las mismas dimensiones obtenida por moldeo por inyección. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la disponibilidad de fabricar las probetas utilizando las impresoras FDM disponibles en el laboratorio de manufactura digital de la universidad a un costo accesible. Se determinaron los principales parámetros de impresión para obtener una probeta de propiedades homogéneas. Se definió un porcentaje de relleno del 100% para obtener el máximo límite elástico posible y el sentido de orientación del relleno se estableció paralelo a la dirección del esfuerzo de tracción (0°). Adicionalmente, la cantidad de perímetros del contorno de la probeta se fijó en 10. La altura de capa se estableció en 0,33 mm, lo cual es superior a la mitad del diámetro de la boquilla, con el fin de mejorar la adhesión entre capas y evitar posibles espacios vacíos en la pieza con una velocidad de impresión eficiente. El plano de

impresión elegido fue el XY para maximizar la superficie de contacto con la mesada para mejorar la adhesión de la primera capa a la misma. Por último se estableció la temperatura de la boquilla durante impresión en un rango de 245°C a 250°C para la impresora hobbista y de 310°C para la impresora industrial para asegurar el flujo de material a lo largo del proceso y una correcta adhesión entre capas.

El ensayo de las propiedades mecánicas elegido fue un ensayo de tracción según la norma ASTM D638. Para el ensayo dimensional se considerará la longitud calibrada de la probeta, como así también su espesor y su ancho. Finalmente, se estableció un protocolo donde se especifican los materiales a utilizar, el control de las propiedades ambientales y los procesos de impresión, como así también la preservación de las muestras una vez impresas. Las principales condiciones ambientales tenidas en cuenta fueron la temperatura ambiental y la humedad relativa ambiental quedando estas establecidas entre 18-30°C y 30-70%, respectivamente.

En la segunda etapa de este proyecto, en progreso al momento de presentar este trabajo, se incluye el estudio experimental de la variabilidad entre una máquina comercial de impresión 3D y una profesional mediante el diseño de experimentos estadísticos a partir de los parámetros seleccionados en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] W. Gao *et al.* (2015). "The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering," *CAD Computer Aided Design*, vol. 69, pp. 65–89, doi: 10.1016/j.cad.2015.04.001.
- [2] K. v. Wong; A. Hernandez. (2012). "A Review of Additive Manufacturing," *ISRN Mechanical Engineering*, vol. 2012, pp. 1–10, doi: 10.5402/2012/208760.
- [3] E. Canessa; C. Fonda; M. Zennaro. (2013). "Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development".
- [4] W. M. Johnson; M. Rowell; B. Deason; M. Eubanks. (2014). "Comparative evaluation of an open-source FDM system," *Rapid Prototyping Journal*, vol. 20, no. 3, pp. 205–214, doi: 10.1108/RPJ-06-2012-0058.
- [5] J. West; G. Kuk.(2014). "Proprietary Benefits from Open Communities: How MakerBot Leveraged Thingiverse in 3D Printing," Philadelphia. [Online]. Available: <http://ssrn.com/abstract=2544970>
- [6] Amazon.(2021). "ANYCUBIC Impresoras 3D MEGA S FDM,". <https://tinyurl.com/2938k9b7> (accessed Sep. 10, 2021).
- [7] Amazon. (2021). "Dremel DigiLab 3D45 impresora 3D,". <https://tinyurl.com/6nsupf8> (accessed Sep. 10, 2021).
- [8] Fusion3. (2021). "3D PRINTER PRICING HOW MUCH DOES A 3D PRINTER COST?". <https://www.fusion3design.com/how-much-does-a-3d-printer-cost/> (accessed Sep. 10, 2021).
- [9] P. Wang *et al.* (2020). "Preparation of short CF/GF reinforced PEEK composite filaments and their comprehensive properties evaluation for FDM-3D printing," *Composites Part B: Engineering*, vol. 198, doi: 10.1016/j.compositesb.2020.108175.
- [10] J. Mireles; D. Espalin; D. Roberson; B. Zinniel; F. Medina; R. Wicker. (2012). "Fused Deposition Modeling of Metals,".
- [11] D. J. Leech; S. Lightfoot; D. Huson; A. Stratakos. (2021). "Low-Cost, Modular Modification to a Desktop 3D Printer for General Purpose Gel/Paste Extrusion & Direct Ink Writing,". doi: 10.1101/2021.03.10.434735.
- [12] Sculpteo. (2017). "Benefits of 3D Printing: Impossible Designs and Internal Channels,". <https://www.sculpteo.com/blog/2017/01/18/3d-printing-benefits-impossible-designs-and-internal-channels/> (accessed Aug. 31, 2021).
- [13] M. Varsha Shree; V. Dhinakaran; V. Rajkumar; P. M. Bupathi Ram; M. D. Vijayakumar; T. Sathish. (2020). "Effect of 3D printing on supply chain management," in *Materials Today: Proceedings*, vol. 21, pp. 958–963. doi: 10.1016/j.matpr.2019.09.060.
- [14] S. H. Ahn; M. Montero; D. Odell; S. Roundy; P. K. Wright. (2002). "Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS," *Rapid Prototyping Journal*, vol. 8, no. 4, pp. 248–257, doi: 10.1108/13552540210441166.
- [15] R. Bogue. (2013). "3D printing: The dawn of a new era in manufacturing?," *Assembly Automation*, vol. 33, no. 4, pp. 307–311, doi: 10.1108/AA-06-2013-055.
- [16] A. K. Sood; R. K. Ohdar; S. S. Mahapatra. (2010). "Parametric appraisal of mechanical property of fused deposition modelling processed parts," *Materials and Design*, vol. 31, no. 1, pp. 287–295, doi: 10.1016/j.matdes.2009.06.016.
- [17] C. Camposeco-Negrete. (2020). "Optimization of FDM parameters for improving part quality, productivity and sustainability of the process using Taguchi methodology and desirability approach," *Progress in Additive Manufacturing*, vol. 5, no. 1, pp. 59–65, doi: 10.1007/s40964-020-00115-9.
- [18] M. Schmitt; R. M. Mehta; I. Y. Kim. (2020). "Additive manufacturing infill optimization for automotive 3D-printed ABS components," *Rapid Prototyping Journal*, vol. 26, no. 1, pp. 89–99, doi: 10.1108/RPJ-01-2019-0007.
- [19] H. Ramezani Dana; F. Barbe; L. Delbreilh; M. ben Azzouna; A. Guillet; T. Breteau. (2019). "Polymer additive manufacturing of ABS structure: Influence of printing direction on mechanical properties," *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 44, pp. 288–298, doi: 10.1016/j.jmapro.2019.06.015.
- [20] R. Lagos; K. Alvarez; M. Aizpun. (2016). "Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM)," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000500003>.
- [21] A. Peng; Z. Wang. (2010). "Researches into influence of process parameters on FDM parts precision," in *Applied Mechanics and Materials*, vol. 34–35, pp. 338–343. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.34-35.338.

- [22] R. Jerez-Mesa; G. Gomez-Gras; J. A. Travieso-Rodriguez; V. Garcia-Plana. (2018). "A comparative study of the thermal behavior of three different 3D printer liquefiers," *Mechatronics*, vol. 56, pp. 297–305, doi: 10.1016/j.mechatronics.2017.06.008.
- [23] Q. Sun; G. M. Rizvi; C. T. Bellehumeur; P. Gu. (2008). "Effect of processing conditions on the bonding quality of FDM polymer filaments," *Rapid Prototyping Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 72–80, doi: 10.1108/13552540810862028.
- [24] L. Li; C. Bellehumeur; P. Gu. (2002). "Investigation of Bond Formation in FDM Process,". doi: <http://dx.doi.org/10.26153/tsw/4500>.
- [25] J. Gardner; C. J. Stelter; E. A. Yashin; E. J. Siochi. (2016). "High Temperature Thermoplastic Additive Manufacturing Using Low-Cost, Open-Source Hardware,". doi: 10.13140/RG.2.2.20690.15049.
- [26] T. N. A. T. Rahim; A. M. Abdullah; H. Md Akil. (2019). "Recent Developments in Fused Deposition Modeling-Based 3D Printing of Polymers and Their Composites," *Polymer Reviews*, vol. 59, no. 4. Taylor and Francis Inc., pp. 589–624. doi: 10.1080/15583724.2019.1597883.
- [27] G. L. Palazzo. (2016). "Estudio de la Estabilidad de un Sistema De Impresión 3D de Fabricación Por Filamento Fundido Utilizando Materiales Comerciales,".
- [28] S. N. A. M. Halidi; J. Abdullah. (2012). "Moisture and humidity effects on the ABS used in Fused Deposition Modeling machine," in *Advanced Materials Research*, vol. 576, pp. 641–644. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.576.641.
- [29] K. Madhavan Nampoothiri; N. R. Nair; R. P. John. (2010). "An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research," *Bioresource Technology*, vol. 101, no. 22, pp. 8493–8501, doi: 10.1016/j.biortech.2010.05.092.
- [30] M. Rahman; N. Schott; L. Sadhu. (2016). "Glass transition of ABS in 3D printing,". Accessed: Aug. 07, 2021. [Online]. Available: https://www.comsol.ru/paper/download/361301/rahman_paper.pdf
- [31] S. Kumar Vishwakarma. (2017). "Characterization of ABS Material: A Review," *Journal of Research in Mechanical Engineering*, vol. 3, no. 5, pp. 13–16, [Online]. Available: www.questjournals.org
- [32] Y. P. Manna; W. P. Kuhn; W. J. Sichina. (1996). "Reliable Measurements of the Nylon 6 Glass Transition Made Possible by the New Dynamic DSC,". doi: <https://doi.org/10.1021/ma00112a008>.
- [33] T. Arkaw; F. Nagatoshi; N. Arai. (1969). "Melting Behavior and Morphology of Drawn Nylon 6," Osaka.
- [34] S. Aslanzadeh; H. Saghlatoon; M. M. Honari; R. Mirzavand; C. Montemagno; P. Mousavi. (2018). "Investigation on electrical and mechanical properties of 3D printed nylon 6 for RF/microwave electronics applications," *Additive Manufacturing*, vol. 21, pp. 69–75, doi: 10.1016/j.addma.2018.02.016.
- [35] M. Lay; N. L. N. Thajudin; Z. A. A. Hamid; A. Rusli; M. K. Abdullah; R. K. Shuib. (2019). "Comparison of physical and mechanical properties of PLA, ABS and nylon 6 fabricated using fused deposition modeling and injection molding," *Composites Part B: Engineering*, vol. 176, doi: 10.1016/j.compositesb.2019.107341.
- [36] ASTM. (2003). "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics,". [Online]. Available: www.astm.org.
- [37] ASTM. (2018). "Standard Test Methods for Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics Plastics,". doi: 10.1520/D0256-10R18.
- [38] V. A. Marikhin; L. P. Myasnikova. (1991). "Heterogeneity of Structure and Mechanical Properties of Polymers,". *Makromol.Chem.,Macromol.Symp.* 41. Leningrad, USSR.
- [39] S. Jabbari-Farouji; J. Rottler; O. Lame; A. Makke; M. Perez; J. L. Barrat. (2015). "Plastic deformation mechanisms of semicrystalline and amorphous polymers," *ACS Macro Letters*, vol. 4, no. 2, pp. 147–150, doi: 10.1021/mz500754b.
- [40] S. Inkinen; M. Hakkarainen; A. C. Albertsson; A. Södergård. (2011). "From lactic acid to poly(lactic acid) (PLA): Characterization and analysis of PLA and its precursors," *Biomacromolecules*, vol. 12, no. 3. pp. 523–532. doi: 10.1021/bm101302t.
- [41] GoodFellow. (2021). "Polymer - Thermal Properties". http://www.goodfellow.com/catalogue/GFCat2C.php?ewd_token=QLuKg6ELPsMZbr7np6fEhSv6cKxKfuf&n=a93cEVfsxT38o2koVctTXNQdAYrTYs&ewd_urlNo=GFCat26&type=30&prop=6 (accessed Aug. 10, 2021).
- [42] O. Zmeskal; L. Marackova; T. Lapcikova; P. Mencik; and R. Prikryl. (2020). "Thermal properties of samples prepared from polylactic acid by 3D printing," in *AIP Conference Proceedings*, vol. 2305. doi: 10.1063/5.0033857.
- [43] Amazon. (2021). "Amazon Basics PLA - Filamento para impresora 3D (1,75mm, 1 kg)," <https://tinyurl.com/wk7nwr8> (accessed Sep. 09, 2021).
- [44] Amazon. (2021). "Amazon Basics ABS 3D Printer Filament, 1.75mm, Red, 1 kg Spool," <https://tinyurl.com/3rrrw846> (accessed Sep. 09, 2021).
- [45] Amazon. (2021). "KODAK 3D filamento de impresora NYLON 6 color azul,". <https://tinyurl.com/uekezua4> (accessed Sep. 09, 2021).
- [46] W. Grellmann; S. Seidler. (2013). "Mechanical Properties of Polymers," in *Polymer Testing*, W. Grellmann and S. Seidler, Eds. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, pp. 110–128. doi: 10.3139/9781569905494.004.
- [47] PrintaLot. (2017). "Hoja de datos técnicos Filamento ABS."
- [48] Y. Tlegenov; W. F. Lu; G. S. Hong. (2019). "A dynamic model for current-based nozzle condition monitoring in fused deposition modelling," *Progress in Additive Manufacturing*, vol. 4, no. 3, pp. 211–223, Sep. doi: 10.1007/s40964-019-00089-3.
- [49] Stratasys. (2016). "Fortus © 250mc 3D Production System,". Accessed: Aug. 18, 2021. [Online]. Available: <https://www.manualslib.com/download/1200413/Stratasys-Fortus-250mc.html>