



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
**Facultad Regional Concepción del Uruguay**

**Ingeniería Ambiental**  
**Trabajo Final de Especialización**

**Factibilidad del aprovechamiento de los residuos  
de cáscara de madera en la planta de  
Sadepan Latinoamerica SA**

Trabajo final presentado en cumplimiento de las exigencias de la  
Maestría en Ingeniería Ambiental de la Facultad Regional  
Concepción del Uruguay, realizada por **Matías González**

Tutor: Ing. Fernando C. Raffo

Concepción del Uruguay, Entre Ríos

Argentina

Año 2019

# INDICE

INTRODUCCION.....	1
DIAGNOSTICO.....	3
Consideraciones Ambientales.....	3
Consideraciones Sociales.....	4
Consideración Económica.....	4
OBJETIVOS DE PROYECTO.....	5
Objetivo General:.....	5
Objetivo específico:.....	5
MARCO LEGAL.....	6
ANALISIS DE ESTUDIO DE CASO.....	8
Problemática.....	8
Características de los residuos.....	10
ANTECEDENTES.....	13
ALTERNATIVAS.....	17
Alternativa 1 - <i>Generación de energía eléctrica y térmica</i> .....	17
Alternativa 2 - <i>Reproceso del residuo</i> .....	23
Alternativa 3 – <i>Compostaje</i> .....	24
MATRIZ DE DECISIÓN.....	27
DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	33
ANALISIS ECONOMICO.....	38
Estimación de la amortización:.....	39
CONCLUSION.....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXO 1.....	42

## INTRODUCCION

Mi nombre es Matías Ezequiel González, soy Técnico en Higiene y Seguridad en el Trabajo, graduado en la Facultad Regional de Concepción Del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional. Posteriormente obtuve el título de Licenciado en Higiene y Seguridad en el Trabajo graduándome en la Facultad de Ingeniería UFASTA.

Actualmente me encuentro desempeñándome como Responsable de Higiene y Seguridad en la empresa de Sadepan Latinoamericana S.A. dedicada a la Fabricación de tableros de Partícula de Madera Aglomerada.

La planta se dedica a la producción de tableros de aglomerados los cuales son comercializados en formato crudo o revestido con papel melamínico, se encuentra preparada para utilizar como materia prima indistintamente rollizos de madera, chips, aserrín o residuos de la industria del mueble y de aserraderos.

En la constante búsqueda de lograr un proceso productivo más sustentable y amigable con el medio ambiente, cuidando como premisa principal los recursos naturales, surge la necesidad de poder brindar una alternativa a la empresa que le garantice una solución rentable y eficiente a la problemática actual del scrap originado del proceso productivo, analizando la utilización de los mismos para generación de bioenergía, compostaje o ser reprocesado.

El volumen de los residuos generados por la planta industrial representa un 4 % del total de madera incorporado en el proceso de fabricación. Durante los años 2017 la planta desecho 5792 tn de residuos de madera, dicho valores son aproximados ya que pueden sufrir variaciones de acuerdo a la humedad del material y régimen del proceso.

Lo que se busca con el presente estudio es maximizar la utilización de la materia prima introducida en el proceso y de esta manera lograr utilizar el 100 % de la madera, haciendo más eficiente el uso de los recursos naturales utilizados por la empresa.

### Presentación de la planta

La Planta Industrial se encuentra ubicada en la ciudad de Concepción del Uruguay, ruta provincial numero 39 km 141,5, provincia de Entre Ríos, Argentina. Emplazada

en un predio de 78 hectáreas, con una superficie cubierta de 25.000 metros cuadrados. Ubicación seleccionada por su cercanía a las áreas de mayor producción forestal del país, por contar con un puerto de aguas profundas en proximidad de la planta, y por la cercanía a los principales centros de consumo.



Sadepan nace en 1998, tras un acuerdo entre el Grupo Marguliz de Argentina y el Gruppo Mauro Saviola de Italia, productor mundial en el sector tableros aglomerados y de insumos químicos para la industria de la madera en Europa.

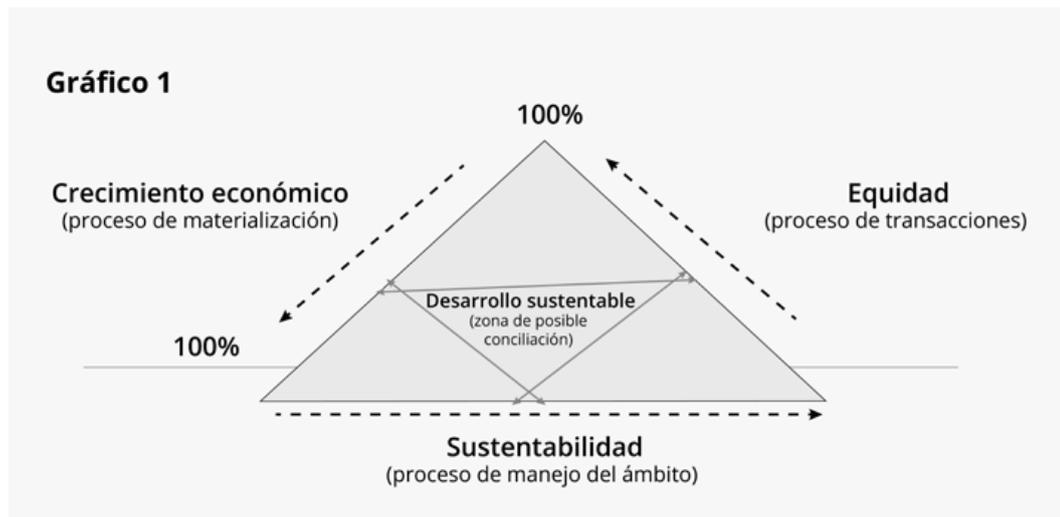
En 2001, el Gruppo Mauro Saviola asume el control del total del paquete accionario de Sadepan Latinoamericana. Actualmente el Gruppo Mauro Saviola integra sinérgicamente varias empresas a nivel global con actividades centradas en tres áreas: madera, química y muebles, en un esquema industrial integrado verticalmente, con un sistema de producción altamente competitiva tanto por volumen como por tecnologías adoptadas.

La planta ubicada en Concepción del Uruguay tiene una capacidad instalada para producir anualmente 120 mil metros cúbicos de tableros aglomerados, los que

pueden ser revestidos con papeles melamínicos o comercializados en crudo (sin revestir).

## DIAGNOSTICO

En la actualidad las industrias y las pymes buscan alcanzar la sustentabilidad ambiental de su negocio, entendiendo como sustentabilidad al desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. El término engloba tres aspectos de relevancia, la relación entre el crecimiento económico, la equidad social y la sustentabilidad ambiental, como lo podemos ver en el grafico 1 del denominado triángulo de Nijkamp.



A los fines de transformar la industria de Fabricación de Partícula de Aglomerado, en una fábrica más sustentable o sostenible, es que se analizaran diversas alternativas para reutilizar los residuos de cascara de madera generados a lo largo del proceso. Para ello analizaremos los distintos aspectos.

### Consideraciones Ambientales

El residuo de cáscara de madera actualmente genera un gran problema para la planta porque además del espacio que ocupa, presenta un potencial riesgo de incendio a gran escala por la cantidad de material acopiado, hasta 5792 Tn/año, y

favorece la proliferación de roedores. A su vez genera un aspecto visual negativo así como los olores desagradables debido a la descomposición de material orgánico. Cabe destacar que el acopio se efectúa a cielo abierto lo que trae aparejado material particulado en el ambiente; que en los días de vientos se agrava.



### Consideraciones Sociales

La reutilización y aprovechamiento de este tipo de residuos, tiene aspectos positivos que favorecen notablemente a optimizar la producción, minimizando los impactos sobre el ambiente, evitando “externalizar” a la sociedad y a las futuras generaciones los costos, a veces irreparables del deterioro de los bienes naturales.

Por esta razón, y teniendo en cuenta que la superficie destinada a la producción de madera y el volumen de madera producida nunca es suficiente, será cada vez más importante el uso total e integral del árbol. Esto implica poner el empeño en dos enfoques complementarios: la disminución en la generación de residuos; y la reutilización de los mismos. Para disminuir la generación de residuos se debe tener en cuenta el rendimiento, que puede ser afectado por la materia prima, el equipamiento, el proceso, la productividad y la fabricación de nuevos productos.

### Consideración Económica

Este aspecto se encuentra íntimamente relacionado con los antes desarrollados y no pueden abordarse separadamente. La reutilización de los residuos de cascara de madera son la clave hacia un desarrollo económico y social que también es sostenible ambientalmente. Esto reduce el impacto ambiental de la empresa y

mejora los rindes económicos, por el aprovechamiento de la materia prima. Además, contribuyen a disminuir la necesidad de energía y materias primas, a evitar las emisiones de gases de efecto invernadero, reducen al mínimo los deshechos y la contaminación, que son cruciales para el desarrollo sostenible y responden a la protección del medio ambiente, desarrollo económico e inclusión social. Por lo que para la empresa este aspecto es de suma importancia, ya que al abordar esta problemática ambiental también se verá beneficiada desde el punto de vista económico aprovechando al máximo la materia prima incorporada, reduciendo los costos de fletes para la disposición final de este residuo actualmente y de su posterior tratamiento.

## OBJETIVOS DE PROYECTO

### Objetivo General:

- Estudio de factibilidad para la utilización sustentable de los residuos de cascara de madera, provenientes de la fabricación de tablero de aglomerados.

### Objetivo específico:

- Contribuir con la reducción del impacto ambiental producto del mal tratamiento o utilización de los residuos de cascara de madera, evitando la quema descontrolada y disposición final inadecuada.
- Analizar el impacto social de los grupos de interés sobre un correcto tratamiento de los residuos y un el desarrollo sustentable de la empresa.
- Demostrar la implicancia legal del aprovechamiento de los residuos de cascara de madera.
- Analizar las distintas alternativas para el aprovechamiento de los residuos de cascara de madera.
- Favorecer a los aspectos de higiene de la planta industrial, reduciendo los acopios de residuos de madera.

## MARCO LEGAL

### **La generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables**

**Decreto reglamentario N° 531/16:** Regula la Ley N° 27.191 (decreto presidencial, marzo de 2016).

**Decreto reglamentario N° 882/16:** Introduce determinadas modificaciones a la Ley N° 27.191 y fija cupos de beneficios fiscales (decreto presidencial, julio de 2016).

**Res. MINEM N° 71/16:** Versión preliminar del Pliego de Bases y Condiciones para la Convocatoria Abierta Nacional e Internacional del Programa RenovAr – Ronda 1 – Consulta pública (Ministerio de Energía y Minería -MINEM-, mayo de 2016).

**Res. MINEM N° 72/16:** Procedimientos para otorgar beneficios fiscales en virtud de la Ley N° 27.191 (MINEM, mayo de 2016).

**Res. Conjunta N° 123/16:** Programa de aranceles de importación del MERCOSUR (MINEM y Ministerio de Producción, julio de 2016).

**Res. MINEM N° 136/16:** Versión definitiva del Pliego de Bases y Condiciones para la Convocatoria Abierta Nacional e Internacional del Programa RenovAr – Ronda 1 (MINEM, julio de 2016).

**Res. MINEM N° 147/16:** Aprobación del Contrato de Fideicomiso FODER (MINEM, agosto de 2016).

**Res. MINEM N° 202/16:** Marco regulatorio para los proyectos incluidos en regímenes anteriores (MINEM, septiembre de 2016).

**Res. MINEM 205/16:** Calificación de las ofertas recibidas en el marco de la Ronda 1 del Programa RenovAr (MINEM, septiembre de 2016).

**Res. MINEM 213/16:** Adjudicación de ofertas calificadas en el marco de la Ronda 1 del Programa RenovAr (MINEM, octubre de 2016).

**Res. MINEM 252/16:** Pliego de Bases y Condiciones de la Convocatoria Nacional e Internacional de la Ronda 1.5 del Programa RenovAr (MINEM, octubre de 2016).

**Res. MINEM 278/16:** Calificación de las ofertas recibidas en el marco de la Ronda 1.5 del Programa RenovAr (MINEM, noviembre de 2016).

**Res. MINEM 281/16:** Adjudicación de ofertas calificadas en el marco de la Ronda 1.5 del Programa RenovAr (MINEM, noviembre de 2016).

### **Ley N° 27.191: Ley de Energías Renovables**

Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista Nacional.

Fuerte apoyo político: aprobada por el Senado en el cuarto trimestre de 2014 (94% de votos afirmativos); aprobada por la Cámara de Diputados en el cuarto trimestre de 2015 (93% de votos afirmativos).

Objetivos Establecidos: 8% para 2017-18, 16 % para 2021, 20% para 2025

Beneficios Fiscales: Aplicables a productores independientes de energía y a productores locales.

Diversificación del Recurso: Instrucción para diversificar el abastecimiento por zona geográfica y por tecnología

FODER: Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables (fideicomiso público) para otorgar garantías y financiamiento.

**Ley 25080 “Ley de Inversiones para Bosques Cultivados”** instituyese un régimen de promoción de las inversiones que se efectúen en nuevos emprendimientos forestales y en las ampliaciones de los bosques existentes. Ámbito de aplicación y alcances. Generalidades. Adhesión provincial. Tratamiento fiscal de las inversiones. Apoyo económico no reintegrable a los bosques implantados. Disposiciones complementarias.

**Ley de Madera N° 9759**, establece no se permitirá a las empresas radicadas en la Provincia de Entre Ríos la venta de rollizos o chips, en forma directa o indirecta, a las industrias establecidas o que se establezcan en la República Oriental del Uruguay, cuya finalidad es la producción de pasta celulósica con procesos químicos o semiquímicos.

## ANALISIS DE ESTUDIO DE CASO

El aprovechamiento de los recursos naturales es un aspecto que impacta directamente sobre el ambiente y sobre los indicadores de rentabilidad de la empresa. Por lo que un gran desafío para el grupo es poder alcanzar el aprovechamiento del 100 % de la materia prima comprada, lo que garantiza un proceso sumamente sustentable desde el punto de vista ambiental. Más aun cuando se pone en balanza el contexto provincial actual, en donde la demanda de madera se ve afectada por la derogación de la ley provincial N° 9759, que incentiva a los productores locales de las principales forestales a vender su materia prima para el mercado de exportación, generando un alza de los precios para el mercado local. Por esta razón la empresa se ve obligada a implementar políticas sociales, industriales y económicas alineadas a los cambios en el contexto regional donde el impulso ambiental sea transformador de la estructura productiva complementando el cuidado de los recursos naturales, la sostenibilidad y sustentabilidad del negocio, favoreciendo a la mejora continua de la organización.

### Problemática

El presente estudio se centra en evaluar distintas alternativas para el correcto tratamiento y/o aprovechamiento de los residuos provenientes del proceso, optimizando los desechos de materia prima que provienen de las etapas de molienda, refinado y secado de la madera, por no reunir las características de calidad necesaria y específica para la elaboración del tablero de partícula aglomerada.

Los criterios de análisis adoptados han sido formulados considerando obtener información para contrastar la hipótesis de estudio: ***“lograr un manejo sustentable de los residuos de cascara de madera, provenientes de la fabricación de tablero de aglomerados”***

Al referirnos a residuos de madera generados en el proceso de fabricación de tableros de partícula de aglomerado, nos focalizamos en cascara de madera, aserrín y chips, los cuales previo a su reutilización debemos determinar de qué etapa provienen y así tener conocimiento detallado de sus características físicas, para

luego generar una base de datos con los tipos de residuos leñosos que serán reutilizados como materia prima, su posterior acopio, y el sobrante que no se puede reutilizar.

Este tipo de residuo leñoso en la actualidad no es aprovechado en la empresa para el uso industrial por su origen, peso, dimensiones y fundamentalmente por no contar con la tecnología que permita su aprovechamiento. Al hablar de dimensiones se hace referencia al material cuya granulometría excede los 5 cm<sup>2</sup>, como así también por su peso no pudiendo ser tratado por los refinadores y es descartado en forma automática. A continuación se puede ver la imagen del refinador en su parte interior y del contenedor donde son desechados los residuos de madera.



En cuanto al origen, se trata de material que proviene de dos sectores:

- Chipeadora, al ingresar los rollizos y costaneros a la chipeadora, a través de una serie de rolos dentados el tronco o costanero es descortezado, es decir que con estos rolos dentados se quita la cáscara o corteza, para luego continuar con el proceso de molienda. La corteza es descartada por medio de una cinta transportadora y posteriormente se deposita en un lugar destinado en la playa de madera para su disposición final



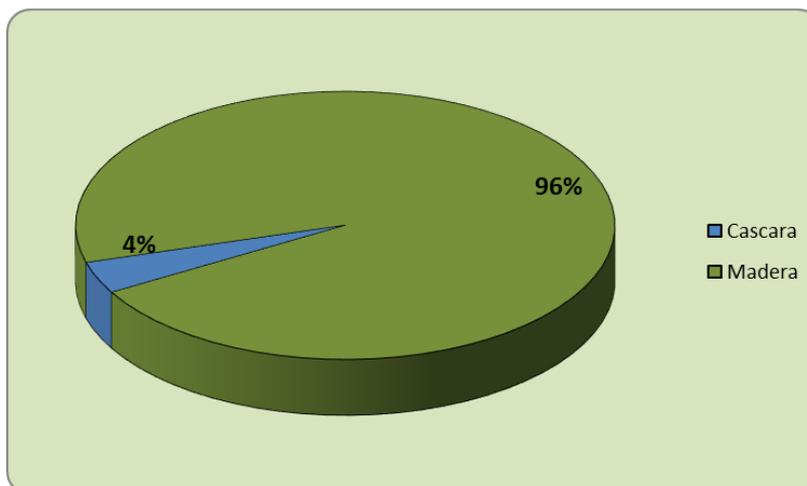
- Criba de aserrín, es un equipo destinado a la eliminación de piezas sobredimensionadas presentes en la materia prima a emplear en la elaboración del tablero de partícula de aglomerado. Su principio de funcionamiento se basa en hacer pasar el material por una serie de rollos con discos metálicos, que giran a distintas velocidades favoreciendo el descarte del material fuera de especificación y el material bueno cae al fondo de una tolva. Garantizando de esta manera el paso de la materia prima adecuada para ser procesada, asegurando así el perfecto funcionamiento de la planta y evitando bloqueos o paradas debido a materiales sobredimensionados.



El material descartado por la criba al igual que los antes descritos son acopiado a cielo abierto en un determinado sector de la planta, generado un gran volumen de material con pérdidas significativas de espacio físico, un elevado riesgos de incendio, proliferación de roedores y pérdidas de recursos naturales ente otros.

#### Características de los residuos

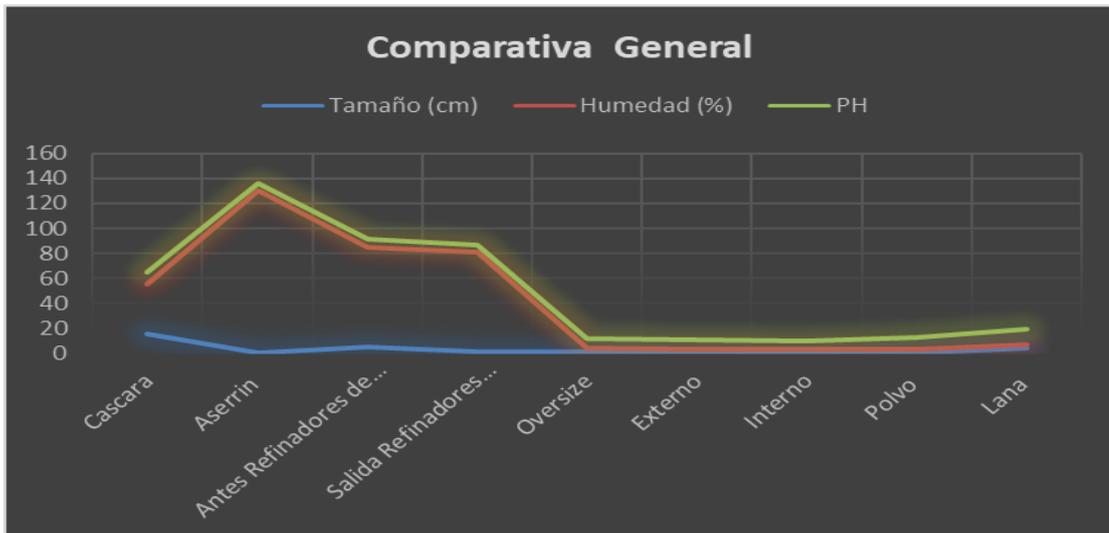
Durante el periodo 2017 la planta adquirió para el proceso como materia prima, para producir tableros de partícula de aglomerado, un total de 144.802 tn de madera, indistintamente en forma de rollizo, chips o aserrín. Del total de la materia prima incorporado, se estima que un 4% fue desechado por no cumplir con las especificaciones técnicas, lo cual se dispuso como residuos leñosos.



Los residuos se generan principalmente en las etapas de molienda y secado de la madera, sectores del proceso que descarta el material por no cumplir con los parámetros y/o especificaciones de calidad y seguridad, desechando este material en contenedores o volquetes, que posteriormente se dispondrán en su destino final (playa de madera). Por lo que al referirnos a residuos leñosos debemos considerar a la etapa de molienda o tratamiento a la que fue sometida la materia prima (madera) y de esta manera realizar un muestreo de las variables, tomando como consideración la granulometría, humedades y el pH.

#### Clasificación de materiales según etapa del proceso

Tipo de material	Tamaño (cm)	Humedad (%)	pH
Cascara	> 5	20 - 40	10
Aserrin	0,08	80 - 130	6
Antes refinadores verde (chip)	3 - 5	40 - 80	6
Salida refinadores verde (externo + interno)	0,8 - 0,025	40 - 80	6
Oversize	0,8 - 0,4	3	8
Externo	0,08	3	8
Interno	0,3	2,5	7
Polvo	< 0,025	3	10
Lana	4 - 0,4	3	12



### Métodos aplicados para la determinación de tamaño, humedad (atro) y pH

La humedad se mide con un equipo automático IMAL UM200 que aplica calor durante un tiempo determinado a la muestra mientras que obtiene el peso en forma simultánea y de esta forma por diferencia de peso muestra el resultado obtenido en forma directa como humedad total o humedad atro.

El pH se mide sumergiendo la madera en agua destilada en una relación 10/100 con un pHmetro digital HANNA HI 221 de lectura directa.

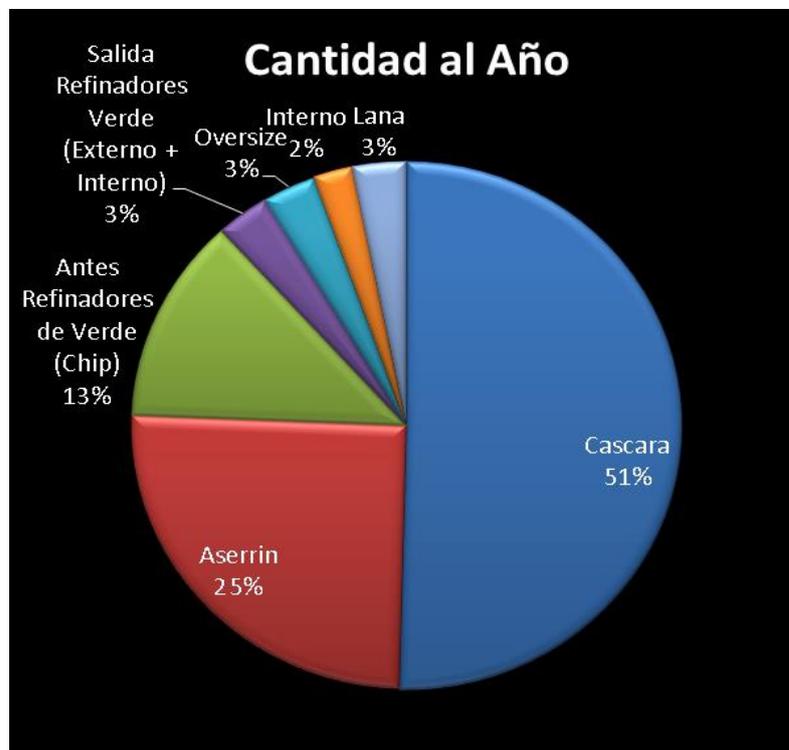
El tamaño de las muestras se obtiene a través de una prueba granulométrica utilizando un equipo ZONYTEST de cribado por vibración para aplicaciones de laboratorio.

### Clasificación por cantidades

A los efectos de poder cuantificar y determinar la cantidad de residuos leñosos que se obtendrá del proceso, es que se realiza la siguiente tabla, donde se puede apreciar la cantidad de material combustible expresada en toneladas (tn).

Datos que nos serán de gran utilidad a la hora de evaluar las distintas alternativas para su tratamiento y efectividad del mismo.

Tipo de material	Cantidad Diaria	Cantidad Año
Cascara	8	2920
Aserrin	4	1460
Antes Refinadores de Verde (Chip)	2	730
Salida Refinadores Verde (Externo + Interno)	0,5	182,5
Oversize	0,5	182,5
Interno	0,368	134,32
Lana	0,5	182,5



## ANTECEDENTES

- Aprovechamiento de los Residuos de la Madera Generados en el Sector de la Construcción en la Ciudad de Bogotá por Medio del Reciclaje. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldaz (Colombia )

Realizar el aprovechamiento de los residuos de la madera del sector de la construcción mediante la recolección y trituración de la madera para venderla a los productores de aglomerados. <http://hdl.handle.net/11349/4736>

■ Condiciones físicas de los residuos de aglomerados y su impacto económico a nivel empresarial.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato; Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Examinar las condiciones de residuos de aglomerados para determinar si este material puede considerarse apto para generar nuevos procesos productivos.

■ Nuevas oportunidades energéticas, el aprovechamiento de la biomasa para la creación de valor

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (España).

En este trabajo se estudia el caso particular de la empresa Burpellet S.L, especializada en el aserrado y preparación industrial de la madera. Dicha empresa apuesta por aprovechar los residuos generados en su actividad para producir una nueva línea de productos “pellets” que se utilizarán posteriormente como una fuente de calor dentro de las calderas de calefacción y agua caliente sanitaria.

■ Obtención del carbón activado a partir de residuos de madera de la industria mueblera del estado de Aguascalientes

Instituto Tecnológico de Aguascalientes (México)

La finalidad de este proyecto es la de reducir por una parte la generación de residuos de madera y por otra parte que el carbón activado que se obtenga y bajo pruebas de laboratorio pueda ser aplicado en un futuro en la industria de la región.

■ Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación

Instituto de Ecología, Xalapa (México)

Este trabajo tiene como objetivo hacer una revisión de las posibilidades para obtener biocombustibles de segunda generación mediante procesos químicos.

■ Aprovechamiento de residuos industriales como combustibles

Universidad Autónoma del Caribe (Colombia)

Este trabajo tiene como objeto establecer una solución alternativa a los procesos actuales de eliminación de desechos industriales en la región, de manera segura, con mínimo impacto ambiental y aprovechando su poder calorífico para generar energía con el consecuente ahorro de combustibles fósiles en procesos industriales.

EN ARGENTINA:

■ Análisis de la cadena de valor: el caso de la biomasa forestal en Argentina

Universidad de San Andrés. Escuela de Administración y Negocios.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la cadena de valor de la biomasa forestal en Argentina en cada uno de los eslabones que la componen a fin de integrar en dicha cadena a las diferentes industrias que pueden aprovechar sus desechos con este fin.

■ La factibilidad de incrementar el valor de los bosques del Chaco mediante el aprovechamiento de la corteza forestal

Universidad Nacional de Santiago del Estero (Argentina).

Es objetivo del trabajo determinar los usos posibles de las cortezas de las especies leñosas del Chaco. Se concluye que las cortezas de las principales especies leñosas del Chaco argentino constituyen una fuente importantísima de materia prima diversa.

■ Algunos aprovechamientos de energía de la biomasa en la Argentina

Uno de los aprovechamientos de mayor importancia es el dedicado a la fabricación de carbón vegetal del cual se hace uso casi exclusivo en la industria siderúrgica instalada en la provincia de Jujuy (Altos Hornos Zapla). El mismo se obtiene fundamentalmente a partir de plantaciones de eucaliptos realizadas con ese fin. También se utiliza en otras industrias y para uso doméstico, aunque su importancia comparativa es mucho menor.

Otro aprovechamiento significativo es la utilización de bagazo de caña de azúcar como combustible para las calderas de los ingenios azucareros. En algunos casos, este combustible prácticamente permite la autosuficiencia energética de estas industrias.

Otros aprovechamientos los constituyen:

- El uso de leña a nivel doméstico en zonas rurales y semirurales.
- El uso de leña para calefacción (hogares).
- El uso de residuos agroindustriales (cáscara de girasol, cáscara de arroz, cáscara de maní, etc.) en calderas, para su uso térmico o eléctrico, para producir vapor de proceso.
- El uso de residuos foresto industriales (aserrín, costaneros y viruta) para generar energía en la industria de transformación de la madera.

#### Estudios recientes en la región

- Estudio de prefactibilidad para la utilización de residuos derivados de la industria arrocerá y de la forestoindustria para la generación de energía eléctrica en la provincia de Entre Ríos.

En función a la disponibilidad y logística de los recursos estudiados, el estudio arroja la disponibilidad energética de entre 710.000/840.000 t/año de residuos foresto industriales y 100.00 tn/año de cáscara de arroz, planteando el desarrollo de cuatro alternativas:

- Central San Salvador - 7,5 MW - cáscara de arroz - generación de energía eléctrica por medio de combustión directa en lecho fluidizado/grilla vibrante.
- Central Villaguay - 2 MW - cáscara de arroz - cogeneración por medio de combustión en grilla vibrante.
- Central Concordia - 25 MW - residuos foresto industriales - generación de energía eléctrica por medio de gasificación y combustión.
- Central Federación -25 MW - residuos foresto industriales - generación de energía eléctrica por medio de gasificación y combustión.

- Estudio de evaluación de los recursos de biomasa en las provincias de misiones y corrientes. Localización y estudio de factibilidad de la instalación de un proyecto de generación.

A partir de los resultados alcanzados, en los cuales se establecen el recurso disponible y su potencial energético, conjuntamente con las Autoridades locales y los responsables del PERMER, se identificaron y seleccionaron sitios aptos para la implementación de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de biomasa para abastecer poblaciones rurales dispersas para las que no existe suministro por

red, se identificaron las opciones tecnológicas disponibles para la generación de electricidad a partir de los residuos disponibles en dichos sitios, y se procedió al diseño y estudio de factibilidad de dos proyectos de generación de energía eléctrica, a saber:

- Central en San Antonio Isla (Corrientes) -10 Kw - generación de energía eléctrica mediante gasificación con residuos forestoindustriales.
- Central en picada Unión (Misiones) - 20 Kw - generación de energía eléctrica mediante gasificación con residuos forestoindustriales.

## ALTERNATIVAS

### Alternativa 1 - Generación de energía eléctrica y térmica

La caldera de biomasa es una central de cogeneración que producirá energía, tanto eléctrica y térmica. Se debe destacar que la cogeneración de este tipo de centrales conlleva a un rendimiento global más elevado. Se trata de un sistema altamente eficiente debido a que el calor exportado a la red térmica es el producido durante el proceso de generación de la electricidad y supone, por tanto, el aprovechamiento del calor residual. De esta forma, además de incorporar a la red de energía eléctrica, se podrá abastecer la planta industrial de calefacción y agua caliente sanitaria mediante una red de distribución, cuya eficiencia dependerá de las demandas térmicas del sitio.

### Gasificador

Su proceso de generación de gas no se obtiene de la combustión directa, es decir se trata de una combustión indirecta, y está diseñada para minimizar las emisiones a la atmósfera, permitiendo utilizar el mismo en motores de gas de alto rendimiento. El concepto de no combustión, muy bajas emisiones y alto rendimiento permiten construir plantas de cogeneración modulares, eficientes, fiables y rentables.

El sistema de gasificación, es adecuado para operar con astillas de madera de tamaño determinado (entre 5 y 100 mm) Partículas pequeñas y aserrín se deben limitar a un máximo del 2% del total de biomasa procesada. Si la biomasa fuera formada mayoritariamente por piezas de menor tamaño y aserrín, se deberá

proceder a su briquetado con dimensiones entre 40-70 mm con una humedad entre el 12%-15 % para su utilización óptima en el proceso.

Para ello se utilizara los residuos de madera disponibles en planta, efectuando un previo tratamiento de la biomasa. A los efectos de poder reunir con las características y/o especificaciones de la caldera, que fueron detalladas anteriormente.

#### Preparación de la biomasa leñosa

La biomasa a utilizar en el gasificador requiere una preparación mecánica anterior a su introducción en el mismo. Por lo que para nuestro caso en particular es necesario efectuar la incorporación de una trituradora y posteriormente realizar el secado de la madera. Etapas que se detallan a continuación

#### Trituradora:

Dispositivo destinado a chipear o triturar los residuos de madera, con el fin de lograr una granulometría adecuada para ser empleada en la caldera, este equipo es capaz de producir, 250 M3/ H, con un tamaño controlado, mediante una criba / parrilla de salida desde 50 mm, y producto final de 30 mm. Esto permite alimentar la línea con árboles enteros, pallets, cáscaras y sacar una astilla de 30 mm. en el mismo proceso de producción. Las imágenes a continuación muestran los equipos requeridos.





### Etapa de secado

Posteriormente de haber alcanzado los parámetros de granulometría necesarios para incorporar a la caldera, debemos llevar este a una humedad no mayor al 20%, para ellos mediante un transporte de cinta se descarga la biomasa astillada a un secadero, el cual es un tambor rotativo continuo, y mediante la circulación de aire caliente, generado en una cámara de combustión previa, produce el secado de los chips de madera hasta una humedad deseada.

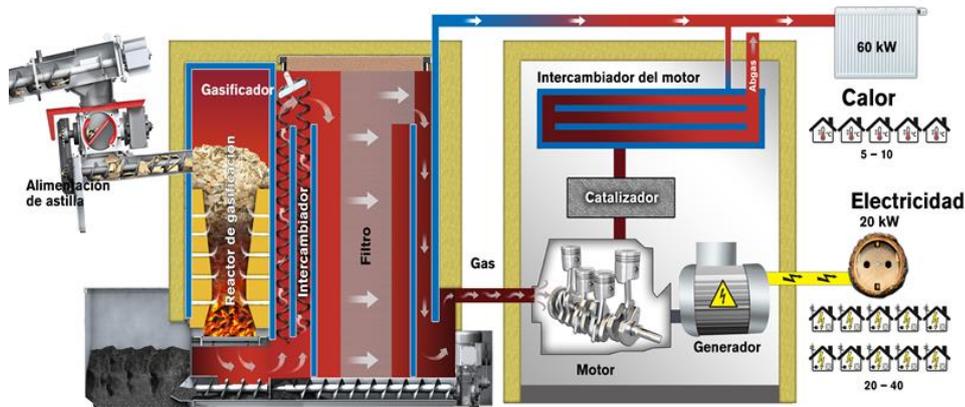
Cabe destacar que para el caso de dicho equipo ya se encuentra instalado en planta, y forma parte del proceso de producción. Este tiene una capacidad de secado de 600 kg/h,

### Generación de Bioenergía

Luego de haber obtenido la granulometría deseada y la humedad requerida, nos enfocaremos en el proceso de generación de bioenergía, esta será generada por medio de la transformación del residuo de madera, en energía eléctrica y energía térmica.

El sistema está diseñado para una capacidad de hasta 60 kw calor/20 kw electricidad, es compacto y sobre todo eficiente. Éste consta de dos módulos: uno en el cual se gasifica la leña y el gas generado se filtra, y el otro es el de la cogeneración en sí: por un lado genera energía eléctrica y por otro energía térmica. El sistema aprovecha el calor generado en la unidad de gasificación, en el motor de cogeneración y en el generador eléctrico. De esta manera el **aprovechamiento**

**energético es muy alto.** Además, ambas unidades están cubiertas por una carcasa insonorizada, lo que posibilita un funcionamiento muy silencioso.



La unidad se alimentaría exclusivamente de astilla con una humedad de entre el 10 – 15%.

#### Ventajas de la cogeneración KWK

- Gracias a su construcción compacta, requiere muy poco espacio.
- Funcionamiento totalmente automático con un sofisticado sistema de control.
- Limpieza del gas en seco, por lo que gracias a este sistema no se generan condensados.
- Uso de un motor de gas industrial: máxima fiabilidad y eficiencia.
- Diseño pequeño y compacto (solo 2,5 m<sup>2</sup> de espacio necesario)
- Posibilidades de instalación individual.
- Refrigerado por agua - mayor eficiencia
- Aislamiento térmico y acústico
- Uso sofisticado del calor > 95% de eficiencia

#### Gasificador

- Transporte de combustible con sistema de agitación de astillas de madera.
- Gasificación de la madera en un gasificador de biomasa.
- Transformación eficiente del calor con turbuladores.
- Limpieza de gases con tecnología de filtro.
- Limpieza automática del intercambiador de calor.
- Deshielo automático con extracción de cenizas.

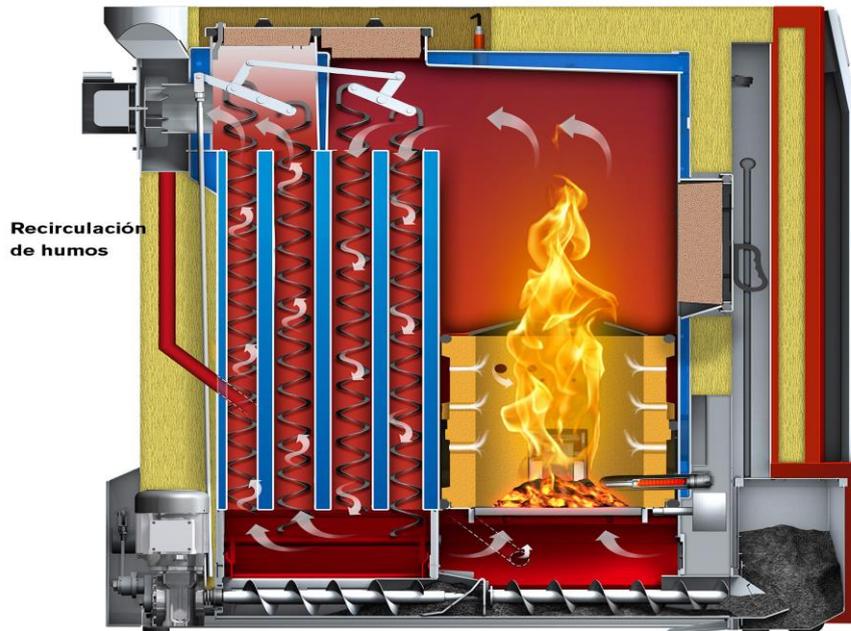
- Mayor eficiencia > 95%

En referencia a las astillas con muy baja humedad son un buen combustible para el funcionamiento de las calderas, no obstante, este material tan seco conlleva una subida excesiva de la temperatura dentro de la cámara de combustión. Este incremento de la temperatura provoca, por un lado, el aumento de la formación y emisión de NOx a la atmósfera y, por otro, un mayor desgaste de los materiales de la cámara de combustión, como la parrilla, paredes, etc. Este fenómeno es aún mayor en calderas que no disponen de ladrillo refractario en la cámara de combustión. Aparte de ello, se generan más costras que contribuyen a problemas en la combustión, suciedad y desgaste.

#### Recirculación de humos

Este modelo de caldera, tiene una temperatura de salida de humos que oscila entre 120-200 °C y por otro lado, el contenido en oxígeno se encuentra entre el 8-12%, un valor bajo comparado con el porcentaje de oxígeno del aire, que es de un 21%. Con la recirculación de humos la caldera inyecta parte de ellos por debajo de la parrilla.

Como la temperatura es sensiblemente más baja que el valor de consigna, y no se modifica de forma significativa el balance de oxígeno de la combustión, se consigue una regulación flexible y efectiva de la temperatura en la cámara, preservando los materiales de la parrilla, ya que no avivan el fuego gracias al bajo contenido de oxígeno de los humos. Dicho proceso es de gran importancia sobre todo cuando se estén quemando combustibles de mala calidad o demasiado secos. Esto ofrece al usuario una gran flexibilidad hacia los combustibles que utiliza, sin requerir de un ventilador adicional, reduciendo así el gasto en mantenimiento y electricidad. Permite además, un ajuste personalizado y fácilmente ajustable por el usuario.



#### Ventajas del proyecto.

- Aprovechamiento de la totalidad de los residuos generados por la empresa y sus alrededores.
- Abastecimiento energético favoreciendo al cumplimiento de la ley de energías renovables.
- Eliminar el transporte del residuo hacia otros destinos, con lo cual contribuye a la disminución de los gases de efecto invernadero, evitando el uso de combustibles fósiles por la utilización de camiones y maquina cargadora.
- Generación de energía térmica
- Mejoras en aspectos higiénicos, disminuyendo la proliferación de roedores.

#### Desventajas del proyecto.

- Elevado costo económico, ya que se debe adquirir la caldera de biomasa y la trituradora.
- Costos de Mano de obra, Para efectuar el montaje y puesta en marcha del proyecto.
- Incremento del consumo energético, ya que para el caso de la trituradora o chipeadora funciona con motores eléctricos

- Generación de residuos, como por ejemplo las cenizas, el cual debe ser tratado.
- Generación de material particulado, el cual debe ser captado por un sistema a elaborar, para luego ser incorporado en la caldera.

#### Alternativa 2 - Reproceso del residuo

En esta segunda alternativa se evalúa la utilización del residuo de madera para ser reutilizada e incorporada nuevamente en el proceso productivo. Lo cual permitirá disminuir el volumen de residuo de madera y a su vez incorporar mayor cantidad de materia prima al proceso.

Para que dicha alternativa sea viable se deberá cumplir con los requisitos de calidad y alcanzar las especificaciones técnicas necesarias, razón por la cual se debe someter el material disponible a varias etapas de reproceso, lo que obliga a la empresa a incorporar distintos equipos que nos permitan realizar un tratamiento adecuado para su utilización.

Esta alternativa nos permitirá utilizar prácticamente hasta el 100 % de los residuos de madera, como así también se podrá comprar materia prima de menor calidad ya que se dispondría del equipamiento para procesar producto fuera de especificación.

#### Ventajas del proyecto.

- El material no debe ser transportado hacia otro destino favoreciendo a la disminución del consumo de combustibles fósiles.
- Optimización de la materia prima utilizada en el proceso productivo.
- Mejoras en aspectos higiénicos, disminuyendo la proliferación de roedores.
- Disminución de los espacios físicos utilizados actualmente por el residuo de cascara de madera.
- Casi nula generación de residuos
- Reutilización de residuos con similares características en la zona.
- Realizar compra de materia prima de menor calidad

#### Desventaja del proyecto.

- Inversión para adquirir una chipeadora o trituradora, al igual que cinta transportadora

- Mano de obra para el montaje y puesta en marcha
- Generación de ruido para el reprocesado de la madera.
- Consumo de energías eléctrica para mover los motores
- Mayor generación de particulado

### Alternativa 3 – Compostaje

Como tercera alternativa de análisis, se evalúa la utilización de este tipo de residuos para la elaboración del compostaje.

El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente. Ofrece un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible. Este proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes

Este tipo de residuos orgánicos generados en el proceso productivo, convierte los mismos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico, ayudando así a la rentabilidad de la producción. Desde el punto de vista medioambiental, este reciclaje de materiales y su aplicación al suelo, proporciona muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la reducción del metano producido en los rellenos sanitarios o vertederos municipales, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación.

Para nuestro caso los residuos posibles a utilizar serian camas de aves ponedoras, estiércol proveniente de novillos y los residuos de cascara de madera provenientes del proceso productivo. La mezcla de estos tres residuos en proporciones adecuadas nos garantizara un adecuado equilibrio de la relación generando diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso,

adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

**1. Fase Mesófila.** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

**2. Fase Termófila o de Higienización.** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* A su vez por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

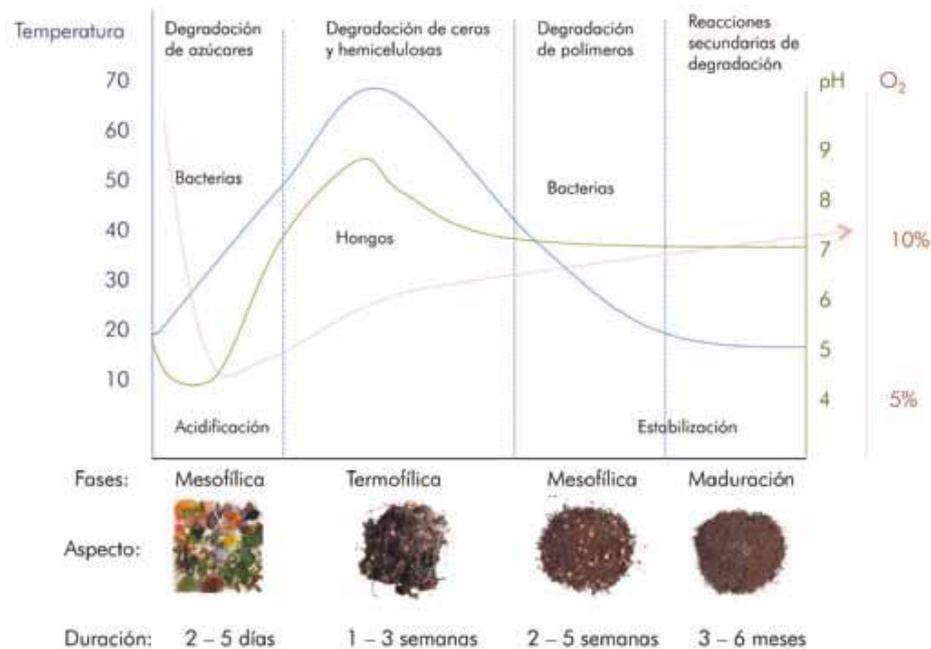
**3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II.** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende

nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Tal se puede observar en la figura



Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

**4. Fase de Maduración.** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje



#### Ventajas del proyecto.

- No se requiere de inversión
- No se requiere el uso de energía eléctrica ni de gas.
- Se aprovecha el 100 % de los residuos de cascara de madera, como así también otros tipos de residuos.

#### Desventaja de proyecto.

- Se requiere de espacios amplios para su tratamiento
- Se requiere de mano obra
- Tiempos prolongados de tratamiento que van hasta 6 meses
- Utilización de medios de transporte, empleando combustibles fósiles.
- Se requiere de logística y coordinación para obtener la restante materia prima.

#### MATRIZ DE DECISIÓN

Con el fin de poder de definir cuál es la alternativa más viable, se aplica la siguiente metodología.

Para definir las acciones a tomar con respecto a los residuos del proceso de fabricación de tablero de partículas de madera se realizará una matriz de decisión, aplicando el método del criterio analítico completo.

1. Definir el objetivo: uso de los residuos leñosos del proceso
2. Determinar las opciones: biomasa; reproceso, y compost
3. Determinar los criterios:
  - a. **VIABILIDAD FINANCIERA:** Tiene que ver con la disponibilidad de recursos económicos
  - b. **VIABILIDAD TECNICA:** Tiene que ver con la disponibilidad de tecnologías e instalaciones
  - c. **MANO DE OBRA:** Tiene que ver con la disponibilidad de mano de obra capacitada
  - d. **AMBIENTE:** Refiere a los impactos ambientales
  - e. **SOCIEDAD:** Refiere al impacto en la comunidad
  - f. **LEGISLACION:** Refiere a la existencia y modificación de la normativa legal argentina
  - g. **SOSTENIBILIDAD:** Refiere a ganancia en función de la inversión realizada
4. Determinar la importancia relativa de cada criterio para establecer la ponderación; para esto se realizará una matriz en L donde estarán los criterios en la primera fila y primera columna. Como un criterio no se puede comparar contra sí mismo, la línea diagonal estará inhabilitada.

Calificación:

Ponderación	Definición
10	El criterio de columna es mucho más importante que el criterio de fila
7	El criterio de columna es más importante que el criterio de fila
5	Ambos criterios son igual de importantes
3	El criterio de columna es menos importante que el criterio de fila.
1	El criterio de columna es mucho menos importante que el criterio de fila.

<b>CRITERIOS</b>	<b>VIABILIDAD FINACIERA</b>	<b>VIABILIDAD TECNICA</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>AMBIENTE</b>	<b>SOCIEDAD</b>	<b>LEGISLACION</b>	<b>SOSTENIBILIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PESO PONDERADO DEFINITIVO</b>
VIABILIDAD FINACIERA		7	7	1	1	1	5	22	<b>0,10</b>
VIABILIDAD TECNICA	3		5	1	1	3	3	16	<b>0,07</b>
MANO DE OBRA	3	5		1	1	3	5	18	<b>0,08</b>
AMBIENTE	10	10	10		5	7	7	49	<b>0,23</b>
SOCIEDAD	10	10	10	5		5	7	47	<b>0,22</b>
LEGISLACION	7	7	7	3	5		7	36	<b>0,17</b>
SOSTENIBILIDAD	5	7	5	3	3	3		26	<b>0,12</b>
<b>TOTAL</b>								<b>214</b>	1,00

1. Para determinar la calificación de cada opción teniendo en cuenta a cada criterio se procede de la misma manera.

VIABILIDAD FINANCIERA	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		3	1	4	0,13
COMPOST	7		3	10	0,32
REPROCESO	10	7		17	0,55
<b>TOTAL</b>				<b>31</b>	1,00

MANO DE OBRA	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		1	5	6	0,19
COMPOST	10		5	15	0,48
REPROCESO	5	5		10	0,32
<b>TOTAL</b>				<b>31</b>	1,00

SOCIEDAD	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		5	3	8	0,27
COMPOST	5		3	8	0,27
REPROCESO	7	7		14	0,47
<b>TOTAL</b>				<b>30</b>	1,00

SOSTENIBILIDAD	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		3	1	4	0,13
COMPOST	7		1	8	0,25
REPROCESO	10	10		20	0,63
<b>TOTAL</b>				<b>32</b>	1,00

VIABILIDAD TECNICA	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		3	3	6	0,20
COMPOST	7		3	10	0,33
REPROCESO	7	7		14	0,47
<b>TOTAL</b>				<b>30</b>	1,00

AMBIENTE	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		5	5	10	<b>0,33</b>
COMPOST	5		5	10	<b>0,33</b>
REPROCESO	5	5		10	<b>0,33</b>
<b>TOTAL</b>				<b>30</b>	1,00

LEGISLACION	BIOMASA	COMPOST	REPROCESO	TOTAL	PESO PONDERADO DEFINITIVO
BIOMASA		1	1	2	<b>0,11</b>
COMPOST	7		1	8	<b>0,44</b>
REPROCESO	7	1		8	<b>0,44</b>
<b>TOTAL</b>				<b>18</b>	1,00

- Una vez calificadas todas las opciones bajo el enfoque de todos los criterios se tiene el peso ponderado de cada criterio y la calificación obtenida por cada opción. Por lo que se debe realizar la multiplicación del peso ponderado de cada criterio por la calificación por cada opción.

		CRITERIOS						
		VIABILIDAD FINANCIERA	VIABILIDAD TECNICA	MANO DE OBRA	AMBIENTE	SOCIEDAD	LEGISLACION	SOSTENIBILIDAD
OPCIONES	BIOMASA	0,13 x 0,10	0,20 x 0,07	0,19 x 0,08	0,33 x 0,23	0,27 x 0,22	0,11 x 0,17	0,13 x 0,12
	COMPOST	0,32 x 0,10	0,33 x 0,07	0,48 x 0,08	0,33 x 0,23	0,27 x 0,22	0,44 x 0,17	0,25 x 0,12
	REPROCESO	0,55 x 0,10	0,47 x 0,07	0,32 x 0,08	0,33 x 0,23	0,47 x 0,22	0,44 x 0,17	0,63 x 0,12

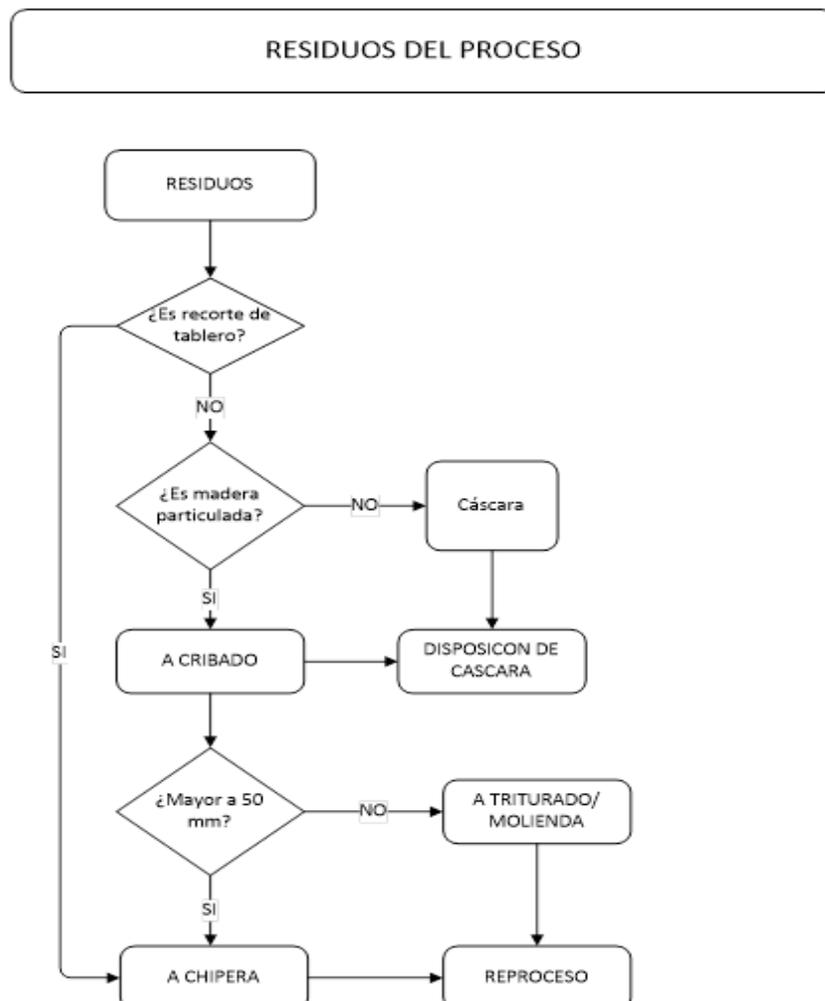
		CRITERIOS							TOTAL
		VIABILIDAD FINANCIERA	VIABILIDAD TECNICA	MANO DE OBRA	AMBIENTE	SOCIEDAD	LEGISLACION	SOSTENIBILIDAD	
OPCIONES	BIOMASA	0,01	0,01	0,02	0,08	0,06	0,02	0,02	<b>0,21</b>
	COMPOST	0,03	0,02	0,04	0,08	0,06	0,07	0,03	<b>0,33</b>
	REPROCESO	0,06	0,03	0,03	0,08	0,10	0,07	0,08	<b>0,44</b>

## DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Luego de haber efectuado la matriz de decisión, se obtuvo como resultado que la alternativa más viable y factible de realizar es el **reproceso**. A los efectos se realizará el desarrollo de la misma estableciendo un flujograma, descripción de las etapas y análisis de costos.

En primera medida comenzaremos con incorporar dicha materia prima reutilizable al proceso, para lo cual es necesario aclarar que la chala o corteza de los árboles no es de utilidad, ya que su utilización es contraproducente e influye sobre las propiedades del producto terminado, generando un impacto negativo. Es por ello que debemos efectuar la clasificación desde su origen previamente a que llegue a su disposición final y de esta manera poder garantizar el cumplimiento con las especificaciones requerida del tablero.

El residuo debe ser reclasificado en función de su granulometría y en función del tipo. En el siguiente gráfico se puede visualizar la clasificación que se realiza, según etapa del proceso a la que fue sometida la materia prima.

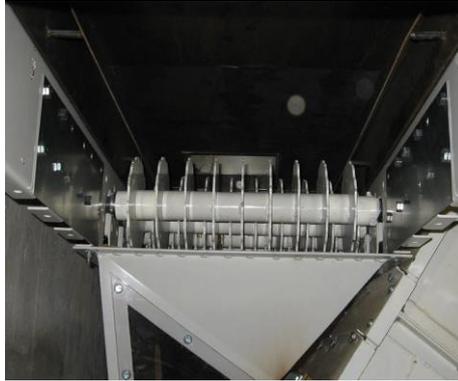


En el diagrama de flujo podemos observar la distinta clasificación de residuos según su etapa de proceso, siguiendo el orden lógico del cuadro. Para el tipo de residuo proveniente de tableros por defectos de calidad o desperfectos propios del proceso, son tratados o reprocesados por medio de la chipeadora, contando la empresa con esta maquinaria. La chipeadora tiene como función principal la reducción del tronco o costanero a un estado de chips, este equipo se emplea principalmente para procesar los rollos de pino o eucalipto; siendo su limitación las dimensiones del costanero a chipear; pudiendo operar con rollos de 7 a 25 cm de diámetro y 400 cm de largo. Producto de esta etapa se descarta la chala, cuyo residuo es destinado y acopiado en la playa de madera, para posteriormente ser retirado por una empresa de la zona con el fin de utilizarlo como combustible en una caldera. La chala representa aproximadamente un 3% del total del residuo.

Continuado con el análisis del flujograma debemos hacer referencia al residuo de madera particulada, la cual debe ser separada por tamaño a través de una criba o discalper, cuya función es la separación mecánica del material por medio de discos que giran a distintas velocidades y permiten fraccionar el material de madera según su granulometría, tomando como parámetro menor o mayor a 5mm. El material más pequeño es direccionado a la parte inferior del discalper, tratándose de materia prima que no puede ser reutilizada para reproceso, por contener tierra y piedras, por lo que se acopia en el sector de playa de madera junto con la chala.

En cuanto al material de mayor granulometría es el será utilizado posteriormente como materia prima para la triturada.

Cabe destacar que este equipo permite una separación muy simple y rápida logrando obtener los diferentes tamaños en un corto periodo de tiempo. Además son equipos precisos con productos finos, con alto grado de humedad, de formas irregulares y astillosas. Este equipo (criba o discalper) debe ser adquirido por la empresa, por lo que debe incluirse en el análisis de costos posterior. A continuación podemos ver la imagen de un discalper o criba



Una vez separado el material, el residuo restante, madera particulada, debe ser procesado a través de una trituradora del tipo martillo, ya que por su tamaño no puede incorporarse en forma directa al proceso.

La trituradora es un equipo que debe ser adquirido por la empresa; y al igual que la chipeadora, tiene el fin de lograr una granulometría adecuada que permita cumplir con las especificaciones técnicas de calidad necesarias para el proceso productivo.

En función de lo evaluado en el mercado se optó por una trituradora del tipo martillo, de la firma Eagle Crusher, modelo 24 x 32. Estas trituradoras de martillo están diseñadas para ser resistentes, son accesibles económicamente y de fácil montaje y una versatilidad para uso en espacio reducido o portátil.

Este tipo de trituradores presentan barras de parrillas resistentes y proporcionan una alta capacidad de cribado interno. Estas barras son reemplazables y aseguran un tamaño de reducción del producto desde 4" hasta 100% menor a 3/16". Las cuñas de cortina tienen un ajuste simple que permite el acomodo rápido para el cambio de tamaño del producto final. El diseño resistente y el sistema de montaje del rotor reducen el estrés excesivo durante el funcionamiento asegurando una vida útil máxima de este equipo.

Esta maquinaria es accionada por motor de combustión o eléctrico, y el diseño de las cuchillas asegura un funcionamiento eficiente y libre de los daños que producen los materiales muy resistentes, ya que es capaz de procesar gran parte de ellos, y ante la eventual entrada de un cuerpo no fragmentable, los ejes cesarán de girar, y se producirá un movimiento en sentido reversible para poder liberar la pieza y continuar con el trabajo.



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TRITURADORAS DE MARTILLOS\*

Modelo	24 x 32
Abertura de alimentación	20" x 32" / 508mm x 813mm
Diámetro oscilante del martillo	24" / 610mm
Ancho entre Liners/Recubrimientos	32" / 813mm
Grosor de la carcasa	Acero de 3/4" / acero de 19 mm
Diámetro del eje principal (centro)	4" / 102mm
Diámetro del eje principal (polea)	3 3/8" / 86mm
Rodamientos (esféricos, autoalineantes)	Doble rodillo
RPM	800-1600
Martillos (sólidos)	Manganeso
Número de Martillos	6
Diámetro de los pernos del martillo	1 1/4" / 32mm
Parrillas de barras (cribado, tamaño estándar)	1" x 3" x 33" / 25mm x 76mm x 838mm
Espaciadores (disponibles)	3/16" a 2" / 5mm a 51mm
Caballos de fuerza (requerido para piedra caliza)	50 a 100HP / 37 a 74 kW
Altura total	46" / 1168mm
Largo total	52" / 1321mm
Largo total del eje	61" / 1549mm
Peso (aproximado)	5600lbs / 2540kgs
Tamaño total	84.4 ft <sup>3</sup> / 7.84 m <sup>3</sup>

Si la partícula de madera puede ser chipeada, es incorporada a la chipeadora para reingresar al proceso.



Residuo: Cáscara

#### Incorporación al proceso

Posteriormente de haber efectuado la clasificación de los residuos de madera y su posterior tratamiento, como se explicó anteriormente, la misma será incorporada al proceso, en la etapa de molienda (ver anexo 1 Plano ubicación del sector). Con el fin de garantizar un correcto tratamiento del material, cumplimentando con los requisitos de calidad necesarios.

#### ANALISIS ECONOMICO

En este se realiza una evaluación sistemática de las utilidades y costos relacionada con el análisis y diseño de ingeniería, para cuantificar las utilidades y costos asociados durante el tiempo de ejecución del proyecto, y si se amortización esta inversión así como el tiempo de amortización.

#### Capital para la ejecución del proyecto

Los valores asignados de capital fueron obtenidos repitiendo valores históricos de la empresa y del sector, para equipos y plantas de similar características y la exactitud debe ser considerarse entre un más o menos diez por ciento.

Equipos existentes que son reutilizados y relocalizados no son incluidos como costos adicionales de inversión; no así los costos generados por el mantenimiento,

fundaciones, sistema de tendido eléctrico, sistema de transporte y controles. La inversión inicial, llave en mano del proyecto se cuantifica en un total de \$ 5.690.000 (pesos cinco millones noventa mil), que se desglosan de la siguiente manera:

Ingeniería básica y de detalle	\$ 500.000
Equipamiento	\$ 3.600.000
Material Eléctrico	\$ 650.000
Mano de Obra	\$ 600.000
Sistema contra incendio	\$ 340.000
<b>INVERSION</b>	<b>\$ 5.690.000</b>

Estimación de la amortización:

Para determinar la amortización de la inversión se considera los siguientes aspectos.

- Materia prima a tratar

El residuo a tratar es un total de 5792 tn, de los cuales el 3 % no es apto para el reusó, por lo que el Residuo Total a Tratar (RTT) es de 5618 tn/ año.

Considerando que el Costo de la Materia Prima (CMP) comprada en el mercado a proveedores tiene un valor aproximadamente 800 \$/tn, podemos calcular que el ahorro por Materia Prima Tratada (MPT) es el siguiente:

$$(MPT) = (RTT) \times (CMP)$$

$$(MPT) = 5618 \text{ tn/ año} \times 800 \text{ $/tn}$$

$$(MPT) = 4.539.538 \text{ $/año}$$

Al valor calculado anteriormente, se le debe descontar los costos por

- Mano de Obra (MO)

Tenemos que el valor de (MO) de acuerdo al mercado local y cumpliendo con las legislaciones laborales es aproximadamente de \$ 500/h. Considerando que solo se requerirá de un trabajador, se deberá estimar un salario bruto de \$ 80.000 mensual lo que acumula 960000 \$/año.

- Costo Eléctrico (CE).

Para el valor energético tenemos un consumo de 71 MWh/año, considerando que el costo energético en el Mercado Eléctrico Mayorista, para el segmento Grandes Usuarios de Distribuidor es de 770 \$/MWh tenemos un (CE) de 54000 \$/año aproximadamente.

A los fines de poder conocer el Valor de Rentabilidad (VR) del proyecto debemos calcular:

$$\begin{aligned}(\text{VR}) &= (\text{MPT}) - [(\text{MO}) + (\text{CE})] \\(\text{VR}) &= 4.539.538 \text{ \$/año} - (960000 \text{ \$/año} + 54000 \text{ \$/año}) \\(\text{VR}) &= 3.525.538 \text{ \$/año}\end{aligned}$$

De esta manera podemos afirmar que la inversión realizada se amortizaría en un período máximo de 24 meses, logrando no solo un ahorro de Tres Millones sino un uso sustentable del recurso natural.

## CONCLUSION

A lo largo del presente proyecto de investigación, se pudo observar la gran importancia y los beneficios de contar con un correcto tratamiento de los residuos. Haciendo más sustentable el negocio, generando un compromiso con el ambiente, con la sociedad y con las futuras generaciones.

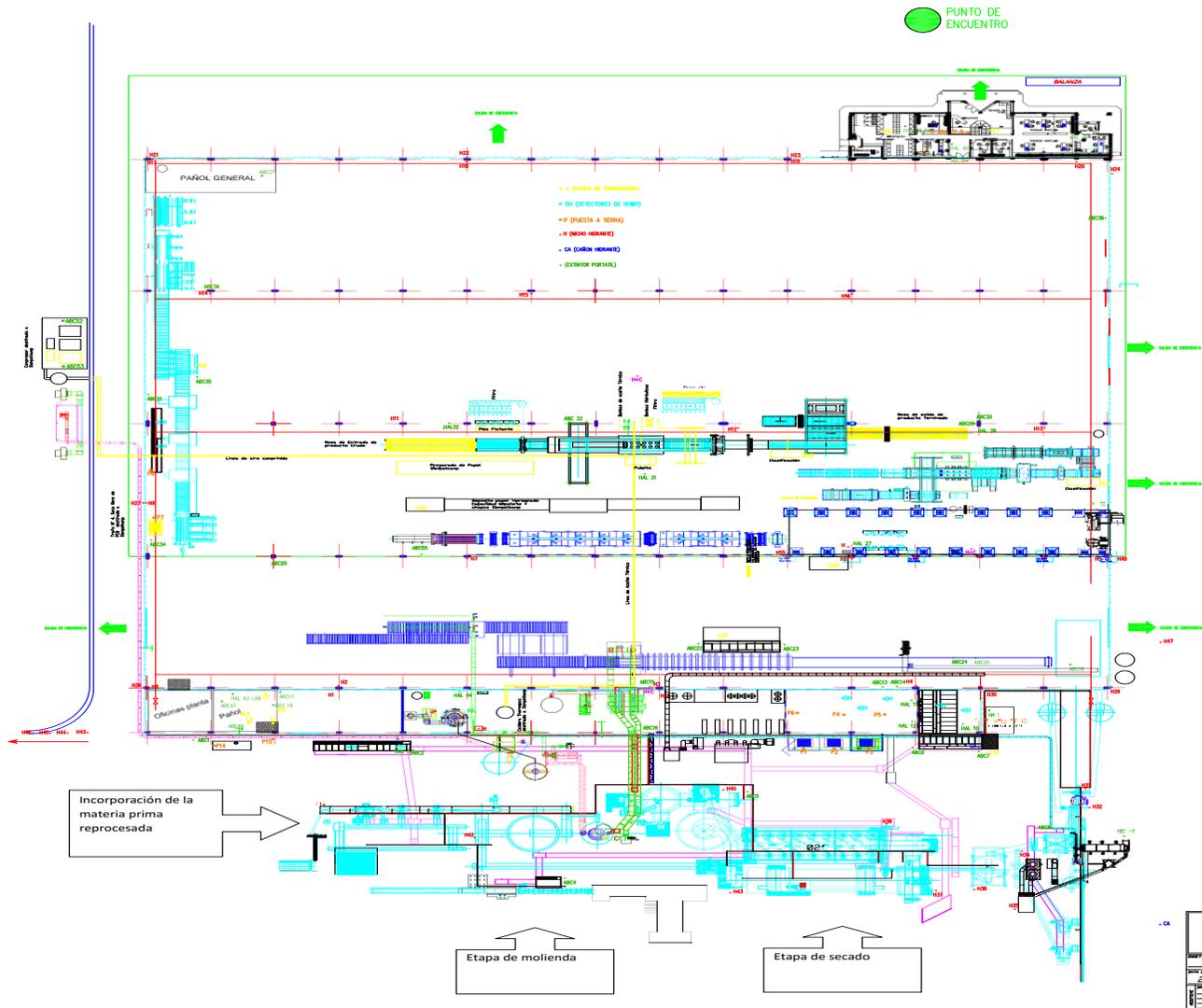
Luego de haber analizado tres posibles alternativas a la problemática propuesta, donde se realizó una evaluación objetiva y metodológica, por medio de la herramienta matriz de decisión, poniendo a consideración los mismos aspectos para cada una de ellas, se obtuvo como resultado que la mejor opción es la del reprocesamiento del residuo. Si bien esta tiene algunas desventajas como son la inversión en compra de equipamiento y la mano de obra, la misma se vería amortizada en el tiempo, ya que se aprovecharía al máximo la materia prima comprada, alcanzando un nivel de residuos casi nulo, y de esa manera favoreciendo al logro de los máximos niveles de rentabilidad.

Otro aspecto a considerar en una futura línea de investigación es incorporar residuos de similares características al proceso productivo, los mismos serían de zonas cercanas a la planta industrial, entre los que se puede mencionar pallets de maderas en desuso.

## REFERENCIAS

- <https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables>
- <https://www.inti.gob.ar>
- Balance Energético Nacional 2015 Documento Metodológico Centro de Información Energética Subsecretaría de Escenarios y Evaluación de Proyectos Secretaría de Planeamiento Energético Estratégico
- ENERGÍAS RENOVABLES EN ARGENTINA: Informe a Diciembre de 2016
- Subsecretaría de Energías Renovables - Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina
- CEPAL. Horizontes 2030. La igualdad en el centro del desarrollo sostenible. (2016).
- Manual de compostaje del Agricultor - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)- E-ISBN 978-92-5-307845-5

<https://espanol.eaglecrusher.com/espanol/products/plants/hammermills>



<b>sarepan</b>	
LAY OUT DE PLANTA	
FECHA: 22/09/2014	PROYECTO: LAYOUT AMPLIADO DE PLANTA SAREPAN
PROYECTISTA: [ ]	PROYECTO: [ ]
PROYECTO: [ ]	PROYECTO: [ ]

