

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

TESIS DE GRADO
***INTEGRACIÓN DEL PROCESO DE
OBTENCIÓN DE CLORHIDRATO DE
GLUCOSAMINA A LA PRODUCCIÓN DE
ÁCIDO CÍTRICO***

***Proyecto de grado para optar al grado académico de ingeniero
universitario en química***

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina

JUNIO 2017

Firma de los alumnos:

Apellido y Nombres:

Apellido y Nombres:

Aceptado por Facultad Regional Villa María de la UTN, Villa María,

Aprobada por su contenido y estilo.

Presidente del Tribunal:.....

Primer Miembro Vocal:

Segundo Miembro Vocal:.....

ÍNDICE

Capítulo N°1: Objetivos e introducción	11
1.1 Objetivos generales del proyecto	12
1.2 Objetivos específicos del proyecto	12
1.3 Generalidades del proyecto	12
Capítulo N°2: Descripción de las materias primas y el producto	14
2.1 Introducción	15
2.2 Descripción del producto	15
2.2.1 Glucosamina	15
2.2.2 Usos	17
2.2.3 Acción terapéutica de la glucosamina	17
2.3 Descripción de las materias primas	18
2.3.1 Aspergillus Níger	18
2.3.2 Ácido clorhídrico	20
Capítulo N°3: Estudio de mercado	23
3.1 Introducción	24
3.2 Determinación de la demanda	24
3.3 Análisis de los posibles consumidores	25
3.4 El mercado nacional de la industria farmacéutica	26
3.5 Evolución de la industria	26
3.6 Mercado internacional de glucosamina	28
3.7 Demanda mundial de glucosamina	29
3.8 El mercado nacional de la glucosamina	32
3.9 Disponibilidad de la materia prima	33
3.9.1 Biomasa de Aspergillus Níger	33
3.9.2 Ácido clorhídrico	35
3.10 Análisis FODA	38
3.10.1 Fortalezas	38
3.10.2 Oportunidades	39
3.10.3 Debilidades	39
3.10.4 Amenazas	39
3.11 Conclusión	40

Capítulo N°4: Ubicación y capacidad de la planta	41
4.1 Introducción	42
4.2 Criterios utilizados para determinar la ubicación de la planta	42
4.3 Análisis del mercado consumidor	44
4.4 Disponibilidad de materia prima	45
4.5 Tamaño de la planta	46
Capítulo N° 5: Descripción y selección del proceso	47
5.1 Introducción	48
5.2 Procesos de obtención de glucosamina	48
5.2.1 Obtención de glucosamina a partir de residuos de crustáceos	48
5.2.2 Obtención de glucosamina a partir de Escherichia Coli	49
5.2.3 Obtención de glucosamina a partir de hongos	49
5.3 Selección del proceso	50
5.3.1 Criterio de selección	50
5.3.2 Detalles del proceso de producción a partir de Aspergillus Níger	50
5.4 Descripción del proceso seleccionado	56
5.5 Composición de la glucosamina	57
Capítulo N° 6: Balance de masa y energía	58
6.1 Introducción	59
6.2 Modo de trabajo	59
6.3 Balances de masa	59
6.4 Nomenclatura	60
6.5 Balance general	60
6.5.1 Primer intercambiador de calor	62
6.5.2 Reactor	62
6.5.3 Primer filtro	64
6.5.4 Evaporador	66
6.5.5 Cristalizador	67
6.5.6 Primera centrífuga	68
6.5.7 Purificador primario	69
6.5.8 Segundo filtro	71
6.5.9 Segundo intercambiador de calor	73
6.5.10 Segunda centrífuga	74
6.5.11 Purificador secundario	75

6.5.12	Tercera centrífuga	77
6.5.13	Equipo de secado	78
6.5.14	Intercambiador de calor auxiliar	80
6.6	Balances de energía	81
6.6.1	Primer intercambiador de calor	82
6.6.2	Reactor	82
6.6.3	Filtro	84
6.6.4	Evaporador	85
6.6.5	Cristalizador	87
6.6.6	Purificador primario	87
6.6.7	Segundo intercambiador de calor	88
6.6.8	Equipo de secado	89
6.6.9	Intercambiador de calor auxiliar	90
6.6.10	Tanque de almacenamiento auxiliar	91
Capítulo Nº 7: Diseño y adopción de equipos		94
7.1	Introducción	95
7.2	Diseño de equipos	96
7.2.1	Intercambiador de calor (E-01)	96
7.2.2	Intercambiador de calor (E-02)	97
7.2.3	Intercambiador de calor auxiliar (E-03)	99
7.2.4	Reactor (R-01)	100
7.3	Evaporador (E-04)	110
7.3.1	Cristalizador (C-01)	113
7.3.2	Purificador primario (M-01)	122
7.3.3	Purificador secundario (M-02)	131
7.4	Adopción de equipos	134
7.4.1	Tanques de almacenamiento	134
7.4.2	Tanque de almacenamiento de desecho de biomasa (T-01)	134
7.4.3	Filtros prensas	140
7.4.4	Centrífugas (Ce-01 y Ce-02)	143
7.4.5	Equipo de secado (D-01)	145
7.4.6	Envasadora (En-01)	148
7.4.7	Transporte mecánico (X-01)	150

7.4.8	Sistema de limpieza CIP (A-01)	152
7.4.9	Bombas	154
Capítulo N° 8: Control de calidad		187
8.1	Introducción	188
8.2	Buenas prácticas de manufactura en productos farmacéuticos	189
8.2.1	Generalidades	189
8.2.2	Instalaciones	191
8.2.3	Almacenamiento	192
8.2.4	Requisitos de higiene del establecimiento	193
8.2.5	Equipos y Utensilios	194
8.2.6	Aseguramiento y control de calidad	197
8.2.7	Otros requisitos de calidad	209
8.3	Procesos operativos (POE y POES)	210
8.4	Procedimiento de control de producto no conforme (PNC) /Acción correctiva (AC)	210
8.5	Trazabilidad	211
8.6	Registros	211
Capítulo N° 9: Organización de la empresa		213
9.1	Introducción	214
9.2	Estructura empresarial	214
9.2.1	Actividades primarias	217
9.2.2	Actividades de soporte	217
9.3	Organización de la planta	218
9.3.1	Descripción de los puestos de trabajo	219
9.4	Asignación de personal en planta	220
9.5	Asignación de personal en áreas comunes	220
9.6	Programación de la producción	221
Capítulo N° 10: Servicios auxiliares		223
10.1	Introducción	224
10.2	Suministro de agua	224
10.3	Suministro de vapor de agua	225
10.4	Suministro de agua fría	225
10.5	Tratamiento de efluentes	225
10.6	Servicio de electricidad	226

10.6.1	Elementos de la instalación eléctrica	226
10.6.2	Requerimientos de energía eléctrica	229
Capítulo N° 11: Obras civiles		239
11.1	Introducción	240
11.2	Layout de la planta y equipo de producción	240
11.2.1	Materiales	241
11.2.2	Maquinaria	241
11.2.3	Mano de obra	241
11.2.4	Movimiento	241
11.2.5	Esperas	242
11.2.6	Servicios auxiliares	242
11.2.7	Edificio	242
11.2.8	Cambios futuros	243
11.3	Descripción general de la distribución de la planta	243
11.4	Características edilicias en general	246
11.4.1	Estructura y las características de los principales materiales empleados	246
11.4.2	Detalles de construcción de la planta de producción	248
11.5	Layout de equipos de proceso	250
Capítulo N° 12: Estudio Económico- Financiero		253
12.1	Introducción	254
12.2	Capacidad instalada	254
12.3	Inversión total	255
12.3.1	Activos fijos	256
12.3.2	Activos intangibles	262
12.3.3	Capital de trabajo	264
12.3.4	Resumen de la inversión total del proyecto	264
12.4	Costos totales de producción	266
12.4.1	Costos de fabricación	267
12.4.2	Gastos generales	273
12.4.3	Composición de los costos	274
12.5	Financiación del proyecto	275
12.5.1	Determinación de la tasa mínima aceptable de rendimiento	276
12.6	Estado de resultado	277

12.7	Valor actual neto (VAN)	279
12.8	Tasa interna de retorno (TIR)	279
12.9	Período de recupero de la inversión (PRI)	279
12.10	Relación beneficio/costo (B/C)	280
12.11	Conclusiones	283
CONCLUSIONES		284
BIBLIOGRAFÍA		286
ANEXO I		292
ANEXO II		296
ANEXO III		307
ANEXO IV		320
ANEXO V		357

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N°1: Objetivos e introducción

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



1.1 Objetivos generales del proyecto

- Comprobar la viabilidad técnico-económica de llevar a cabo la instalación de una planta productora de glucosamina en Argentina.
- Aplicar e integrar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería química para el desarrollo del proyecto.

1.2 Objetivos específicos del proyecto

- Definir las características de los mercados proveedores de materias primas y consumidores de los productos terminados a partir de un estudio de mercado que contribuya a tomar decisiones.
- Analizar las diferentes materias primas y procesos de producción de glucosamina con el fin de seleccionar el método más conveniente.
- Diseñar, haciendo uso de las ingenierías básica y de detalle, los equipos e instalaciones involucrados en el proceso.
- Darle valor agregado a la planta de producción de ácido cítrico, empleando los desechos de biomasa de la misma para la obtención de glucosamina.
- Realizar un estudio económico-financiero para evaluar la viabilidad de la planta productora de glucosamina que avale la posibilidad de llevar a cabo el proyecto propuesto.

1.3 Generalidades del proyecto

En el presente proyecto se analiza la factibilidad técnico-económica de instalar una planta de elaboración de glucosamina a partir de la biomasa desechada del proceso de producción del ácido cítrico con el fin de obtener un producto que sea competitivo tanto en precio como en calidad. El interés en este producto es que en la actualidad no hay plantas que lo produzcan en Argentina y su creciente mercado, debido al aumento de la esperanza de vida de la población y con ello el aumento de personas que requieren el uso de glucosamina con el fin de mejorar la calidad de vida.

Se analiza la situación del mercado nacional e internacional en forma global, obteniendo a partir de los datos actuales, estimaciones de las tendencias futuras tanto de la materia prima como del producto, lo que posibilita tomar las decisiones más adecuadas.



Posteriormente se describen todos los procesos de producción, se los evalúa teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas, para seleccionar el más conveniente. En base a este último, se realiza, mediante la ingeniería básica y de detalle, el diseño de la planta de producción, para lo cual se desarrolla un análisis técnico que avale la posibilidad de llevar a cabo el proyecto desde este enfoque. Por último, se realiza un estudio económico-financiero que, luego de cuantificar con relativa exactitud el monto de inversión requerido, permitirá evaluar la viabilidad económica del proyecto propuesto.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N°2: Descripción de las materias primas y el producto

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



2.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza una descripción detallada de las características químicas y usos, de la glucosamina y de las materias primas utilizadas para la producción de la misma.

2.2 Descripción del producto

2.2.1 Glucosamina

La glucosamina es una sustancia que se produce de forma natural en el cuerpo humano y pertenece a un grupo de amino-azúcares. Es una combinación de glucosa y el aminoácido glutamina. Los amino-azúcares son los azúcares simples unidos a un grupo amino. En condiciones sanas, el organismo sintetiza la glucosamina a través de los condrocitos (células del cartílago), con la ayuda de la enzima glucosamina sintetasa. A medida que avanza la edad de las personas, la actividad de esta enzima comienza a disminuir, y con ello, una reducción en la cantidad de glucosamina endógena que se produce (Natural Foundation, 2006).

Las unidades de N-acetil-D-glucosamina se unen con uniones β (1-4) para formar la quitina. Ésta, se halla disponible en la naturaleza, se la puede encontrar en el exoesqueleto de los insectos y en las paredes celulares de los hongos.

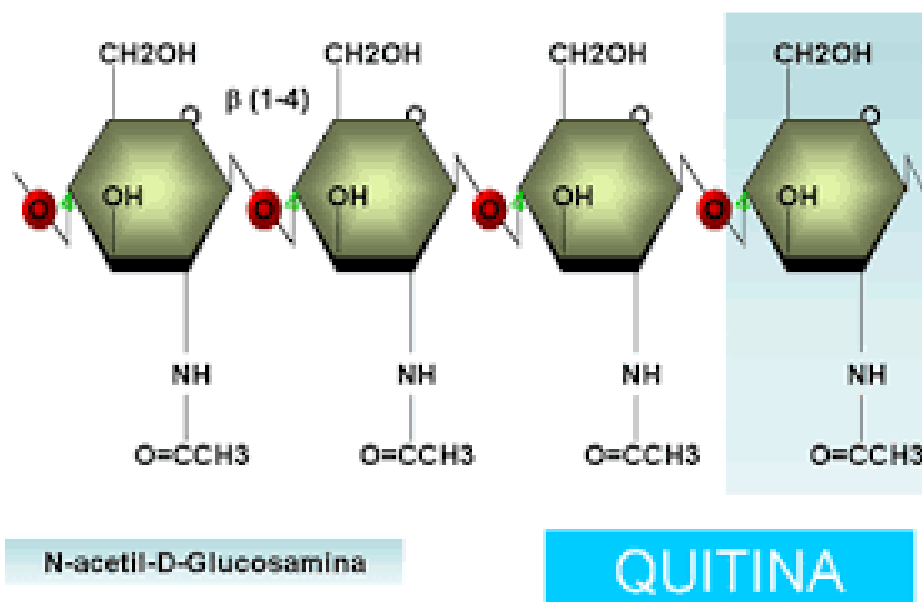


Figura 2.1. Estructura molecular de quitina. Fuente. Universidad Nacional de Colombia, biología virtual.



En la Tabla 2.1 se indican algunas propiedades físicas y químicas de la glucosamina (CAS).

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas de la glucosamina.

Especificaciones técnicas

Nombre IUPAC: 2-amino-2-deoxi-D-glucosaminosa

Sinónimos: D-glucosamina; 2-amino-2-desoxi-beta-L-glicerohexopiranososa; 2-amino-2-desoxi-D-glucopiranososa; 2-amino-2-desoxi-D-glucosa; clorhidrato de 2-amino-2-desoxi-beta-D-glucopiranososa

Clase estructural: Es un amino azúcar, amino monosacárido

Clasificación: Hexosamina

Apariencia: Cristales blancos

Fórmula molecular: C₆H₁₃NO₅

Masa molar: 179,17 g/mol

Densidad: ~1,6 g/cm³

Punto de Ebullición: ~449,9 °C a 760 mmHg

Punto de fusión: 423 K (150°C)

Presión de vapor: 5,53E-10 mmHg a 25 ° C

Solubilidad: Soluble en agua y metanol hirviendo, ligeramente soluble en metanol o etanol, insoluble en éter y cloroformo.

Índice de Refracción: 1,6

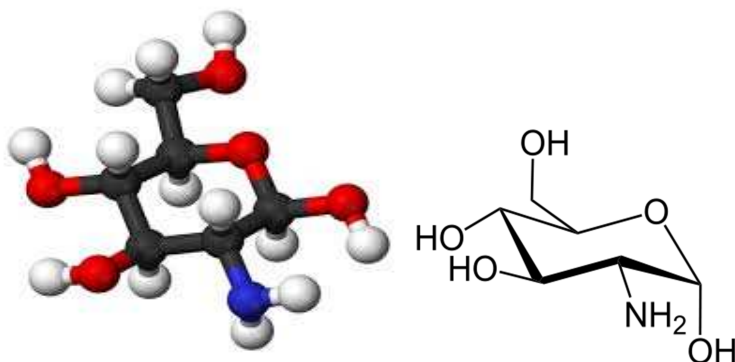
Valores de pK: pKa: 12,27, pKb: 8,44

Punto de inflamabilidad: 225,9°C

Estabilidad: Se descompone a 110°C

Almacenamiento: almacenar a temperatura ambiente

Estructura molecular de la glucosamina



Fuente. CAS.



2.2.2 Usos

La glucosamina presenta múltiples usos, el más importante es su aplicación en la medicina en seres humanos y animales. Recientemente se está incorporando en alimentos y bebidas como suplemento nutricional.

En cuanto al uso medicinal, encuentra grandes aplicaciones en dos grandes grupos de personas. El primero responde a personas que tienen padecimiento de artritis, osteo-artritis, ciática y condiciones de deterioro de las articulaciones. El segundo, igualmente beneficiado, responde a personas que se encuentran en entrenamiento físico de alto impacto.

La aplicabilidad clínica de la glucosamina probablemente se extiende más allá de sólo la artrosis. También se requiere sulfato de glucosamina para la síntesis de otros glicosaminoglicanos que forman parte integral de las estructuras del tejido conjuntivo en otras zonas del cuerpo, tales como la piel, la pared del intestino y los vasos sanguíneos. Por eso, el uso de sulfato de glucosamina es también recomendable para otros trastornos, tales como reducción de la elasticidad del tejido conjuntivo, cartílago y tejidos ricos en colágeno, decúbito, varices y hemorroides. Es empleada para la cicatrización de heridas, en parte por el efecto estimulante de la glucosamina en la síntesis del ácido hialurónico mediante fibroblastos cerca de una herida. También hay señales de que juega un papel importante en las inflamaciones intestinales crónicas (Benevita, 2010).

2.2.3 Acción terapéutica de la glucosamina

El cuerpo utiliza la glucosamina para producir una variedad de otras sustancias involucradas en la formación de tendones, ligamentos, cartílagos y líquido que rodea las articulaciones.

El movimiento de las articulaciones es amortiguado por líquido y cartílago. En algunas personas con osteoartritis, el cartílago se rompe y se adelgaza, lo que deriva en dolor y rigidez. La glucosamina puede aumentar la cantidad de cartílago y líquido que rodea la articulación y prevenir su deterioro.

La dosis diaria recomendada de glucosamina es de 1500 mg de sulfato de glucosamina que equivalen a 2000 mg de sulfato de glucosamina 2 KCl y a 1182 mg de glucosamina elemental (Natural Foundation, 2006).

La glucosamina tiene mala absorción gastrointestinal y variables a pesar de que generalmente se toma por vía oral por lo que se utilizan sus sales, las cuales difieren significativamente en términos de eficacia (Natural Foundation, 2006):



- **Clorhidrato de D-glucosamina:** Esta forma de glucosamina es más estable que el sulfato de glucosamina ya que un mayor porcentaje de la materia prima se compone de glucosamina, por lo que a veces se utiliza por los fabricantes que desean poner grandes cantidades de glucosamina en una cápsula o tableta. Contiene aproximadamente un 80% de glucosamina en su composición.
- **Sulfato de D-glucosamina:** No está tan concentrado como la forma de clorhidrato, pero los estudios más importantes se han realizado utilizando esta fórmula. Este se absorbe fácilmente (90-98 %) a través de un mecanismo de transporte activo y proporciona azufre en forma de sulfato. El azufre es un componente extremadamente importante del cartílago, y en la forma de sulfato puede ser fácilmente incorporado en los glicosaminoglicanos. Algunos investigadores atribuyen el efecto terapéutico del sulfato de glucosamina a los grupos sulfato que proporciona. Debido a que el sulfato de glucosamina es más sensible a la humedad, se añaden a menudo cloruro de sodio o cloruro de potasio a la materia prima como estabilizador.
- **N-acetil glucosamina:** Contiene una molécula de ácido acético en lugar de un grupo de azufre. Sin embargo, la absorción de este compuesto es mínima, de acuerdo con las investigaciones que se han realizado utilizando esta fórmula. La N-acetil glucosamina se produce naturalmente en los tejidos del cuerpo y, potencialmente, también desempeña un papel importante como neurotransmisor.

Estas sales de glucosamina tienen muchas probabilidades de convertirse en clorhidrato de glucosamina al ser ingeridas por el ácido clorhídrico del estómago (Glucosamina y condroitina, 2008). Por este motivo, nuestra tesis se basa en la producción de clorhidrato de glucosamina, por lo que, cuando posteriormente se hable de glucosamina se hará referencia al compuesto antes mencionado.

2.3 Descripción de las materias primas

2.3.1 *Aspergillus Níger*

El *Aspergillus Níger* (A. Níger) es un hongo dañino para los humanos y animales en cantidades grandes, y benéfico en cantidades pequeñas y controlables. Puede causar que crezca moho negro en las plantas y, al igual que la mayoría de los mohos, causará enfermedades de pulmón si se inhala demasiado (Wood, 2014).



La clasificación taxonómica, o jerárquica, del A. Níger lo ubica como especie del género *Aspergillus*, de la familia *Trichomaceae*, del orden *Eurotiales*, del phylum *Ascomycota* y perteneciente al reino *Fungi*. El género *Aspergillus* incluye más de 185 especies similares al A. Níger (White, 2013).

A continuación se describen la morfología del A. Níger (Mier, Conchita Toriello, & Miguel Ulloa, 2002):

- **Morfología macroscópica:** colonia lanosa, al principio blanca, que se torna amarilla y se va oscureciendo desde color café hasta llegar a negro. Su reverso es blanquecino o amarillento.
- **Morfología microscópica:** sus conidióforos son lisos, de longitud variable. Las cabezas conidiales son biseriadas, las métulas y fiálides cubren rápidamente las vesículas y los conidios tienen la pared áspera y equinulada.

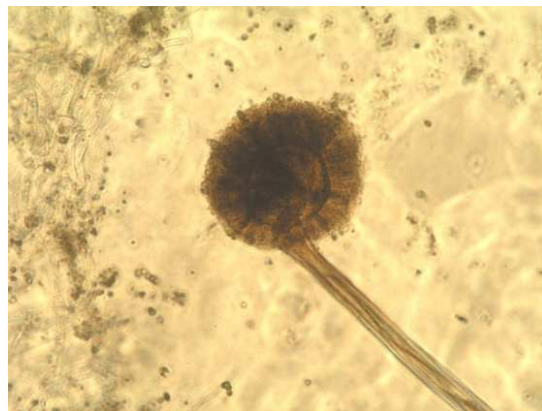


Figura 2.2. Descripción fotografía de microscopio óptico 40X de *Aspergillus Níger*.

2.3.1.1 Usos

El A. Níger, a pesar de su reputación de producir reacciones alérgicas y enfermedades, es utilizado comúnmente en la industria alimentaria para producir enzimas. Según United States Environmental Protection Agency este hongo es fermentado y luego es procesado para obtener celulasa, invertasa, amiloglucosidasa, amilasa, lactasa, proteasa ácida y pectinasa. El A. Níger también es utilizado para preparar Pu-erh, un té de hoja chino.

Como da a conocer United States Environmental Protection Agency, la industria alimentaria también fermenta *Aspergillus Níger* para producir ácido cítrico (utilizado comúnmente en bebidas y en la cocina) y ácido glucónico (que es utilizado en productos de limpieza y como aditivo alimentario). En 2006, en

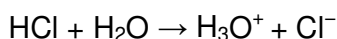


la Organización Mundial de la Salud hallaron que los ácidos orgánicos derivados del A. Níger no son seguros para el consumo, pero también demostraron sus propiedades anticancerígenas (prevención del cáncer) y antioogénicas (reducción de tumores).

Debido a su color oscuro característico y su resistencia a los tratamientos antifúngicos, el A. Níger es utilizado comúnmente también, en su forma natural no fermentada, para evaluar la efectividad de los conservantes alimentarios en la prevención de la formación de mohos. Además, los agricultores a veces lo utilizan para probar los suelos, ya que es sensible hasta a las más pequeñas deficiencias de micronutrientes de los mismos.

2.3.2 Ácido clorhídrico

El cloruro de hidrógeno es un ácido monoprotónico fuerte. En soluciones acuosas, este ion se une a una molécula de agua para dar un ion oxonio, H_3O^+ y el ión cloruro Cl^- .



El ácido clorhídrico puede ser usado para preparar sales llamadas *cloruros*.

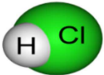
De los siete ácidos fuertes comunes en la química, todos ellos inorgánicos, el ácido clorhídrico es el ácido monoprotónico con menor tendencia a provocar reacciones redox que puedan interferir con otras reacciones. Es uno de los ácidos fuertes menos peligrosos de manipular; y a pesar de su acidez, produce el relativamente poco reactivo y no tóxico ion cloruro. Sus soluciones de concentraciones intermedias son bastante estables (hasta 6 M), manteniendo sus concentraciones con el paso del tiempo. Estos atributos, sumados al hecho de que se encuentra disponible como un reactivo puro, lo hacen un excelente reactivo acidificante, y valorante. Es comúnmente utilizado en el análisis químico y para digerir muestras para análisis. Soluciones concentradas de este ácido pueden utilizarse para disolver algunos metales (metales activos), formando cloruros metálicos oxidados e hidrógeno gas.

2.3.2.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas del ácido clorhídrico, tales como puntos de fusión y ebullición, densidad, y pH dependen de la concentración o molaridad del HCl en la solución ácida. Las mismas junto con sus especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 2.2.



Tabla 2.2. Especificaciones técnicas del ácido clorhídrico

Especificaciones técnicas	
Nombre IUPAC	Cloruro de hidrógeno
Otros nombres	Ácido muriático (América), Aguafuerte (España), Sulfumán, Espíritu de sal, Ácido marino, Ácido marino
Número CAS	7647-01-0
Fórmula molecular	HCL 
Propiedades físicas	
Apariencia	líquido incoloro o levemente amarillo
Densidad	1190 kg/m ³ solución 37 %, 1160 kg/m ³ solución 32 %, 1120 kg/m ³ solución 25 %
Masa molar	36,46 g/mol
Punto de fusión	247 K (-26°C)
Punto de ebullición	321 K (48°C)
Viscosidad	1,9
Propiedades químicas	
Acidez	-6,22 pKa
Termoquímica	
ΔfH₀ gas	-92,31 kJ/mol
ΔfH₀ líquido	-167,2 kJ/mol
S₀ gas, 1 bar	186,91 J·mol ⁻¹ ·K
Riesgos	
Ingestión	Puede producir gastritis, quemaduras, gastritis hemorrágica, edema, necrosis. Se recomienda beber agua o leche y NO inducir el vómito.
Inhalación	Puede producir irritación, edema y corrosión del tracto respiratorio, bronquitis crónica. Se recomienda llevar a la persona a un lugar con aire fresco, mantenerla caliente y quieta. Si se detiene la respiración practicar reanimación cardio pulmonar.
Piel	Puede producir quemaduras, úlceras, irritación. Retirar de la zona afectada toda la vestimenta y calzados y lavar con agua abundante durante al menos 20 minutos.
Ojos	Puede producir necrosis en la córnea, inflamación en el ojo, irritación ocular y nasal, úlcera nasal. Lavar el o los ojos expuestos con abundante agua durante al menos 15 minutos. No mezclarlo con Cloro

Fuente. CAS.



2.3.2.2 Usos

El ácido clorhídrico se utiliza sobre todo por ser un ácido fuerte y volátil y sobre todo económico. El uso más conocido es el de desincrustante para eliminar residuos de caliza (carbonato cálcico: CaCO_3).

En química orgánica se aprovecha el ácido clorhídrico en la síntesis de cloruros orgánicos, bien por sustitución de un grupo hidroxilo de un alcohol o por adición del ácido clorhídrico a un alqueno, aunque a menudo estas reacciones no transcurren de una manera muy selectiva.

Otra importante aplicación del ácido clorhídrico de alta calidad es en la regeneración de resinas de intercambio iónico. El intercambio catiónico suele utilizarse para eliminar cationes como Na^+ y Ca^{2+} de disoluciones acuosas, produciendo agua desmineralizada.

En la industria alimentaria se utiliza por ejemplo en la producción de la gelatina disolviendo con ella la parte mineral de los huesos.

En metalurgia se utiliza para disolver la capa de óxido que recubre un metal, previo a procesos como galvanizado, extrusión, u otras técnicas.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

***Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de
glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico***

Capítulo N°3: Estudio de mercado

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



3.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza una evaluación de las características del mercado de la glucosamina, y de las materias primas para su producción. Se analiza la evolución de la demanda, consumo, comercio exterior, entre otros, realizando análisis y proyección de estos datos para poder determinar el comportamiento y las características a futuro del mercado.

3.2 Determinación de la demanda

Los niveles de glucosamina natural en el cuerpo, disminuyen con la edad. Esto conduce a un deterioro gradual de la articulación, por lo que la toma de medicamentos que contengan glucosamina en su formulación ayudan a mantenerlas sanas (Web MD).

La osteoporosis afecta a una gran parte de la población mundial mayor de 50 años. Sus complicaciones por un lado disminuye la calidad de vida por otro lado acarrea un alto costo. Se debe agregar que en todo el mundo existe una tendencia al aumento de la población mayor de 60 años y al crecimiento en la esperanza de vida que lleva a un incremento de la población de la edad avanzada con el consiguiente aumento de la osteoporosis y de las fracturas asociadas

Según el informe de Estadísticas Sanitarias Mundiales 2014, de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que recopiló datos mundiales correspondientes al período comprendido entre 1990 y 2012, la esperanza de vida en Argentina aumentó un promedio de tres años. Dos décadas atrás, los argentinos llegaban a una edad de 73 años mientras ahora viven 76 años (INFO NEWS, 2014).

De acuerdo con la investigación, presentada en Washington, en 2006 vivían en el continente cerca de 100 millones de personas mayores de 60 años. Para 2020 se espera que esta cifra se duplique. Y más de la mitad de ellos vivirán en América latina y el Caribe. El 69% de quienes nacen en América del Norte y el 50% de latinoamericanos y caribeños vivirá durante el siglo XXI más allá de los 80 años. Incluso se proyecta, desde Canadá hasta la Patagonia, un aumento adicional de la esperanza de vida de 6,5 años hasta 2050 (La Gaceta, 2012).

Debido al potencial incremento de la esperanza de vida a nivel mundial, y principalmente en Latino América, se estima un aumento del consumo de glucosamina en los años venideros, lo que implicaría un aumento en la demanda de la misma.



3.3 Análisis de los posibles consumidores

Resulta interesante para este proyecto identificar a los posibles consumidores para el producto a elaborar, quienes serían los laboratorios médicos de nuestro país, debido a que se produce clorhidrato de glucosamina en polvo, y el mismo no es, generalmente, consumido como tal sino con el agregado de otros compuestos y en diferentes presentaciones, en comprimidos y en polvo, tarea que es llevada a cabo por los laboratorios.

Los principales laboratorios que utilizan glucosamina para la formulación de medicamentos se especifican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Laboratorios médicos que venden medicamentos que contienen glucosamina en su composición.

Laboratorios médicos
Bago
Baliarda
Beta
Casasco
Cetus
Craveri
Denver Farma
Elea
Fortbenton
Gezzi
Isa
Ivax
Nova Argentina
Raffo
Roemmers
Sandoz
Spedrog Caillon
Takeda
Temis Lostalo
Trb Pharma

Fuente. Propia en base a Precios de Remedios.

Actualmente, en Argentina no se produce glucosamina, por lo que la misma es importada por los laboratorios. Estas importaciones provienen principalmente de países como India, China y en menor medida EEUU. Lo que implica un elevado costo de transporte.



3.4 El mercado nacional de la industria farmacéutica

Dentro de la estructura que conforma la economía real de la Argentina, el sector farmacéutico representa aproximadamente un 4,9% del valor agregado del sector industrial en su totalidad, y es la tercera en volumen de ventas en América Latina, después de México y Brasil (BDO Argentina, 2013)

En Argentina, el 71,8% de la demanda interna es abastecida por producción nacional, y el 28,2% restante corresponde a ventas de medicamentos importados que, generalmente, son ofrecidos por los mismos laboratorios (nacionales o extranjeros) que pertenecen a la industria local. Con respecto al mercado externo, el país exporta alrededor del 20% de la producción local de medicamentos. En 2011, las exportaciones de esta industria alcanzaron su valor máximo histórico de U\$S 806,3 millones (17,1% más que en 2010) (BDO Argentina, 2013).

3.5 Evolución de la industria

Durante la década de los noventa, la industria atravesó un proceso de profundas transformaciones a nivel estructural e institucional. Como resultado, durante ese período creció singularmente el peso relativo del sector, tanto en la facturación como en la cantidad producida.

La demanda interna de medicamentos experimentó un crecimiento importante y sostenido, respecto a décadas anteriores. Como resultado, para el año 1998, Argentina consiguió el décimo primer puesto en el ranking de ventas mundial del mercado farmacéutico. En este sentido, podemos señalar que las ventas totales de la industria farmacéutica presentaron una moderada tendencia ascendente hasta 1998, año en el que alcanzaron el punto máximo con US\$ 4.089 millones. A partir de entonces, las ventas comenzaron a disminuir, en parte reflejando la recesión que comenzaba a transitar la economía. Luego de la crisis del año 2001, y con la salida del régimen de convertibilidad y la posterior devaluación de la moneda. A partir del año 2003, el sector comienza a recuperarse (BDO Argentina, 2013), mostrando una tendencia creciente como se puede ver en el Gráfico 3.1.

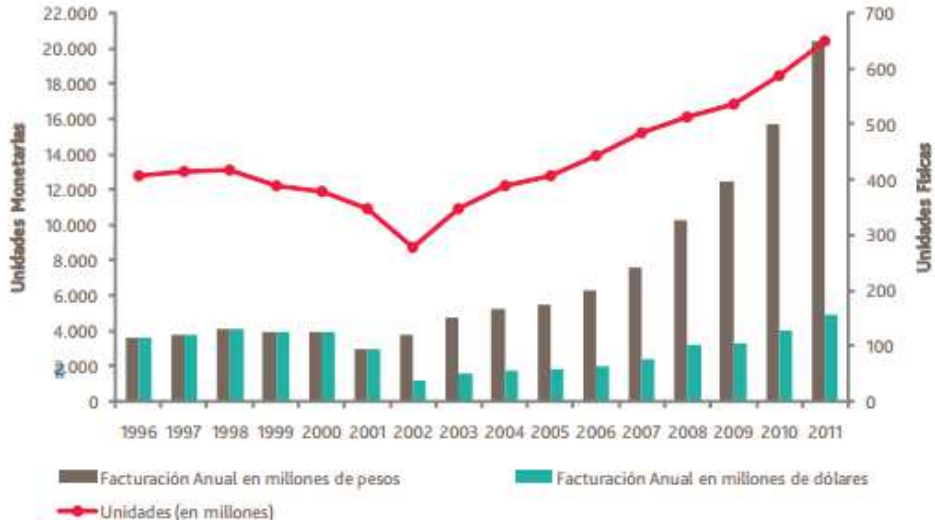


Gráfico 3.1. Evolución histórica de las ventas anuales de la industria farmacéutica Argentina precios a salida de laboratorio. Fuente. INDEC, UIES, IMS, IECO, MECON.

La demanda de productos farmacéuticos puede desagregarse según la acción que poseen al ser consumidos. Teniendo en cuenta el efecto de la droga específica sobre los diferentes órganos, aparatos y sistemas de un ser humano, las ventas de los laboratorios en el mercado doméstico pueden ordenarse en catorce grupos anatómicos. De este modo, se sigue la Clasificación Anatómica Terapéutica Química establecida por la Organización Mundial de la Salud. Como puede verse en el Gráfico 3.2 dentro del 8,2 % correspondiente al aparato músculoesqueléticos, se encuentran los productos farmacéuticos que contienen glucosamina.



Gráfico 3.2. Participación de los grupos anatómicos en la facturación total 2012. Fuente. INDEC.



En el Gráfico 3.3 se ve una tendencia creciente de la facturación de los medicamentos músculoesqueléticos.

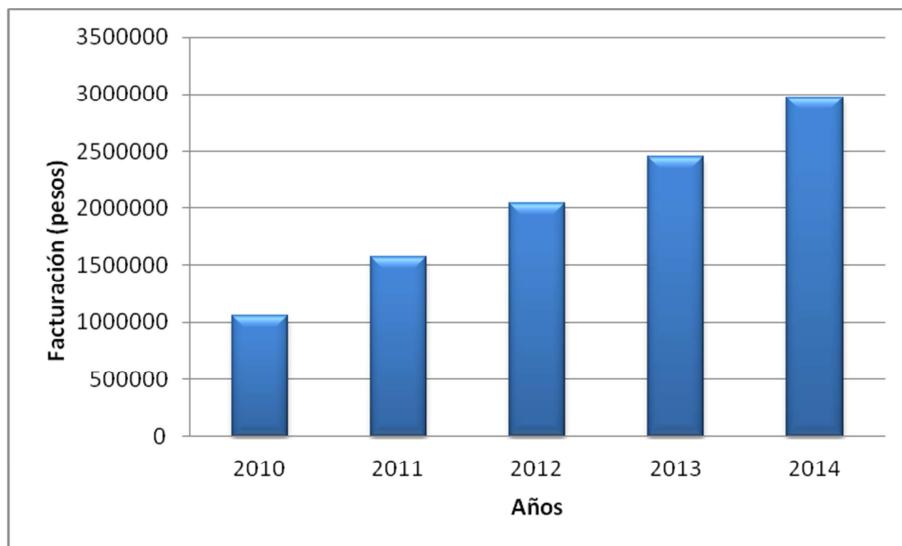


Gráfico 3.3. Evolución de la facturación en pesos de los medicamentos para el aparato músculoesqueléticos en Argentina. Fuente: Elaboración propia en base INDEC.

3.6 Mercado internacional de glucosamina

Los principales mercados son Asia Pacífico, Europa y América del Norte. China es el principal productor mundial de glucosamina y en menor medida India que ha estado desarrollando su experiencia en la cadena de suministro y fabricación. Aparte de estos dos países, el resto de la producción mundial es insignificante. Sin embargo la glucosamina es reconocida y utilizada en todo el mundo por sus beneficios de suplemento. Algunos países de Europa consideran la glucosamina como un alimento medicinal y sólo aceptan producto de grado farmacéutico.

Las principales empresas productoras de glucosamina en el mundo se detallan a continuación.



Tabla 3.2. Principales productoras.

Compañías	Localización
CELLMARK	EEUU
Cargill	EEUU
AMPIL	India
Koyo Chemical	China
Pharma Base	India
MAHTANI CHITOSAN	India
Bio-gen Extracts	India
Panvo Organics	India
Wanbury	India
Wellable Marine Biotech	China
Zhejiang Aoxing	China
Zhejiang Golden-shell	China
Yangzhou Rixing Bio-Tech	China
Zhejiang Freeman Shinfuda	China
Taizhou Fengrun	China
PXPC	China
Zhejiang Condorly	China
Nanjing Health Herb Bio-Tech	China
Jiaixng Hengjie Biopharmaceutical	China
Yantai Dongcheng	Japón
Nantong Marin Biological	China
Pharmaceutic	China
Zhejiang Chengyi	China
Jiangsu Jiushoutang	China
Qingdao Yunzhou Biochemistry	China

Fuente. QYResearch Glucosamine Research Center, Junio 2015.

Se espera que el mercado global de la glucosamina llegue a 1.246,4 millones de dólares en 2020, según un nuevo estudio realizado por Grand View Research Inc. (Grand View Research, 2014). El crecimiento es debido al envejecimiento de la población y su demanda de glucosamina para combatir enfermedades. También, se espera un aumento en la demanda de glucosamina vegetariana debido a un mayor número de veganos, vegetarianos y personas con alergias a los mariscos.

3.7 Demanda mundial de glucosamina

La demanda mundial de glucosamina fue 25.582,5 toneladas en 2013 y llegaría a 63.789,5 toneladas en 2020, con una tasa compuesta anual del 14% desde



2014 hasta 2020 (Grand View Research, 2014), como se muestra en el Gráfico 3.4.

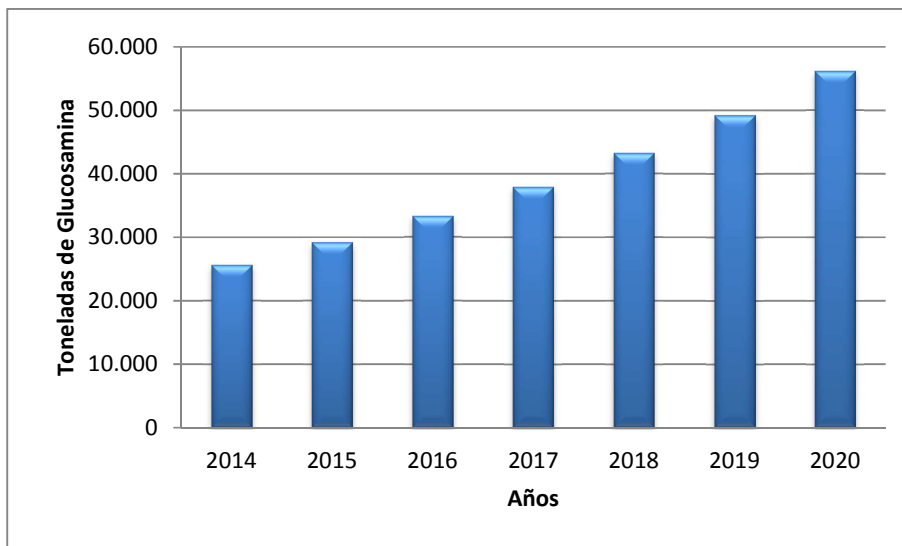
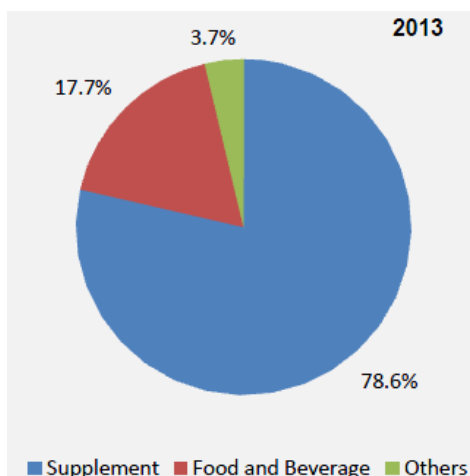


Gráfico 3.4. Proyección de la demanda mundial de glucosamina del 2014 al 2020 (Toneladas).
Fuente. Elaboración propia.

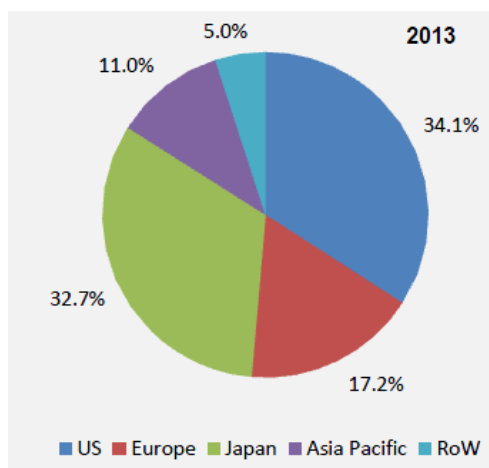
La producción de glucosamina destinada a suplemento nutricional fue la aplicación más dominante, con una demanda global superior a 20.000 toneladas en 2013, debido al aumento de la conciencia de la salud entre la población trabajadora.

El consumo de glucosamina en los productos lácteos fue valuada en 24,6 millones de dólares en 2013 y se espera que llegue a 57,5 millones de dólares en 2020, creciendo a una tasa compuesta anual del 13% desde 2014 hasta 2020 (Grand View Research, 2014).

La demanda mundial de glucosamina en alimentos y bebidas fue 4.519,5 toneladas en 2013 y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 14,6% desde 2014 hasta 2020, y en mayor porcentaje en Europa y Asia debido a la popularidad de los productos fortificados. En el futuro muchos productos alimenticios funcionales se comercializarían en las regiones menos desarrolladas de América Latina y Asia Pacífico. Por otra parte el mayor crecimiento se espera en Japón, con a una tasa compuesta anual del 16,1% desde 2014 hasta 2020, debido a la preferencia del consumidor hacia alimentos y bebidas fortificadas sobre los suplementos nutricionales (Global Market Research Report, Abril 2015). El Gráfico 3.5 muestra los porcentajes de los diversos usos de glucosamina en el mundo en 2013.



Como se puede observar el Gráfico 3.6, Estados Unidos fue el mercado regional que tuvo mayor demanda de glucosamina en el 2013, consumió más del 30% de la producción mundial, debido al aumento del consumo de suplementos nutricionales, seguido por Japón, Europa y Asia Pacífico. Solamente un 5% de este mercado corresponde al resto de los países del mundo en el cual está incluida Argentina (Grand View Research, 2014).



En el Gráfico 3.7 se muestra la proyección de esta demanda hasta el 2020 de los EEUU diferenciando los distintos usos.

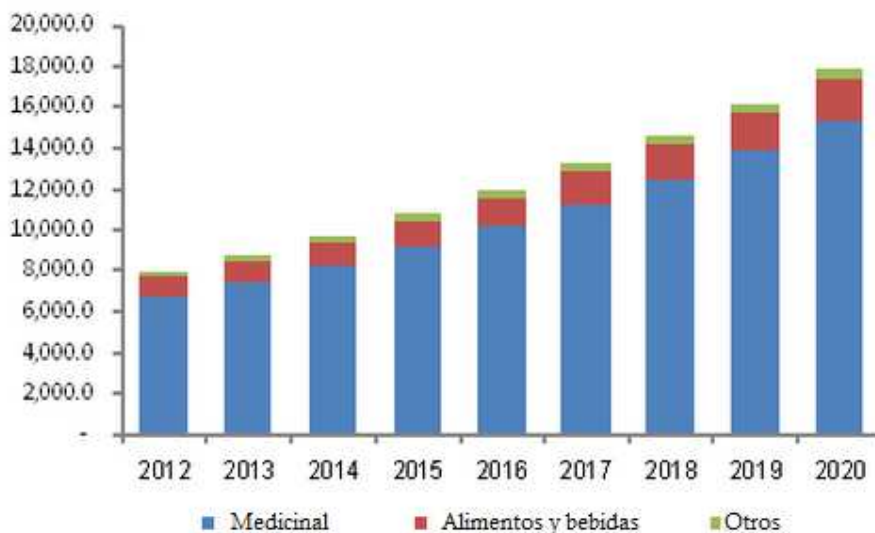


Gráfico 3.7. Proyección de la demanda de glucosamina de los EEUU del 2012 al 2020 (Toneladas). Fuente. Grand View Research.

3.8 El mercado nacional de la glucosamina

Actualmente en Argentina y en los países limítrofes no se produce glucosamina, por lo que el abastecimiento del mercado interno se realiza mediante importaciones. Los principales proveedores son China e India.

Para determinar el consumo nacional se estimó la demanda mundial de glucosamina en el 2014, la cual sería de 29.164,05 t (Grand View Research, 2014). A partir de este dato se estima la demanda en Argentina teniendo en cuenta la cantidad de glucosamina demandada en los EEUU.

Datos obtenidos de la Oficina de Censo de los Estados Unidos indican que la población en el 2014 era de 318,9 millones de habitantes. El 5% de esta población utiliza suplementos de glucosamina, según el reporte de Slone Survey. Teniendo en cuenta que la dosis diaria recomendada por persona es de 1500 mg de glucosamina (E. Mongil, 2006), se calcula que para abastecer esta demanda se produjeron 8.730 t, lo que representó un 34,13% de la producción mundial. Tomando como pivote estos datos, y sabiendo que la población de Argentina era 41,45 millones en el 2014, se estima que la demanda nacional fue de 1.136 t de glucosamina.

En el Gráfico 3.8 se muestra la proyección del mercado nacional con una tasa de crecimiento anual del 14% desde 2014 hasta 2020, teniendo en cuenta el crecimiento de la población y la proyección del mercado internacional (gráfico



2.4). Realizando la proyección de la demanda se estima que en el 2025 la misma sería de 3.535 t.

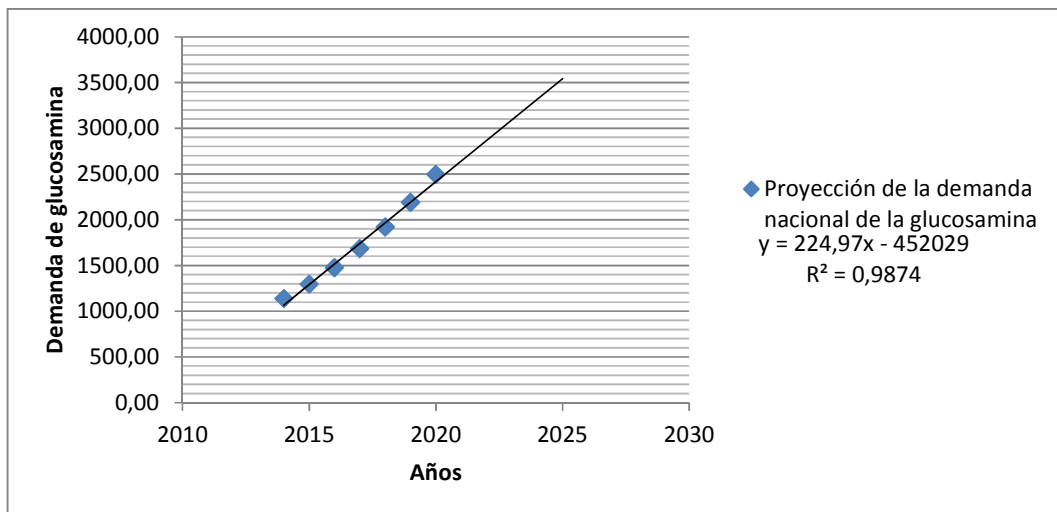


Gráfico 3.8. Proyección de la demanda de glucosamina en Argentina del 2014 al 2025(toneladas). Fuente. Elaboración propia.

3.9 Disponibilidad de la materia prima

3.9.1 Biomasa de *Aspergillus Níger*

La obtención de glucosamina se va a realizar a partir de la biomasa desechada del proceso de producción de ácido cítrico. En Argentina, en la actualidad, no existen plantas productoras de este ácido, por lo que basamos este estudio en el proyecto de tesis de grado de Ingeniería Química “Fermentación de la melaza para la obtención de ácidos orgánicos”, realizada en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María (Mangini & Zárate, 2011).

El ácido cítrico es un producto químico cuya producción industrial se lleva a cabo preferentemente mediante el uso de un microorganismo llamado *Aspergillus Níger*, el cual se hace crecer en fermentadores (iquimicas, 2013). La fermentación se realiza con biomasa viva (*A. Níger*). En general, la biomasa viva, alcanza el nivel máximo de producción de ácido cítrico, y luego comienza a disminuir. Esta biomasa se convierte en un producto de desecho que debe ser eliminado, previo tratamiento para su inactivación (Ray, John A. Bohlmann, Don Grunig, James R. Trinkle, & Michael Brandon Bassett, 2008). La biomasa es eliminada con un 18% de humedad, esta solución se denomina residuo de ácido cítrico.



La biomasa desechada, que contiene quitina, cuando se trata con ácido producirá glucosamina (Ray, John A. Bohlmann, Don Grunig, James R. Trinkle, & Michael Brandon Bassett, 2008), a partir de las siguientes reacciones:

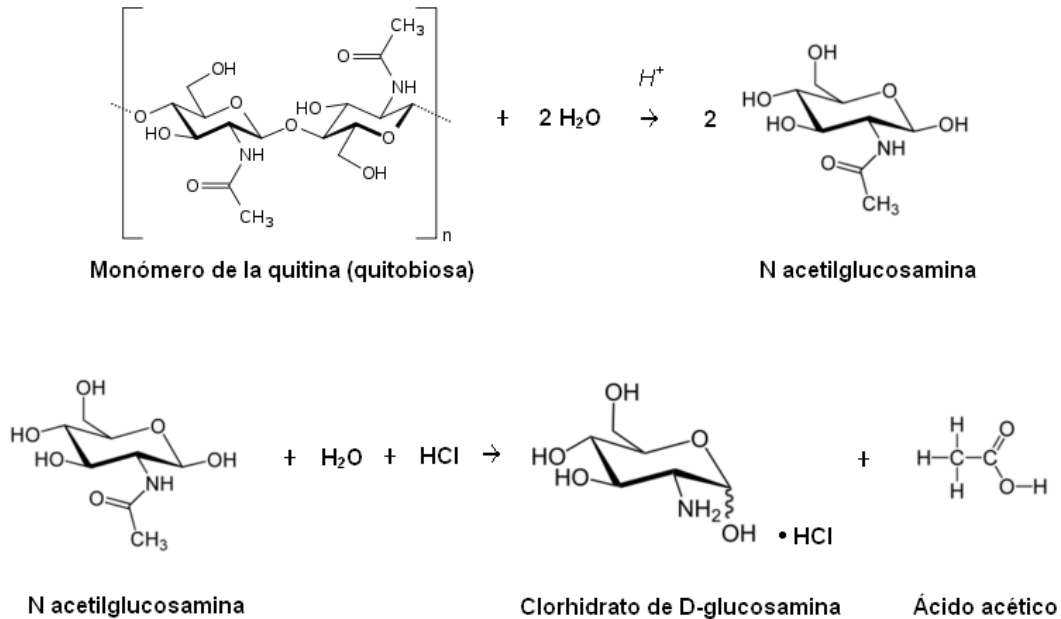


Figura 3.1. Reacción de la quitina para la obtención de Clorhidrato de D-glucosamina. Fuente. Propia.

Se estima que por cada tonelada de ácido cítrico producido se desecha 0,164 t de residuo de biomasa, que luego de ser tratado con un ácido fuerte produce 0,076 t de clorhidrato de glucosamina por tonelada de residuo. Evaluando las pérdidas producidas en las operaciones posteriores para obtener clorhidrato de glucosamina en polvo se considera un factor de eficiencia de reacción de 98%.

La planta de producción de ácido cítrico a la cual anexamos nuestra producción sólo satisface el 0,67% de la demanda nacional (Mangini & Zárate, 2011). Por lo que nuestra producción se ve limitada a los desechos de biomasa de la misma. Por esta razón se decide trasladar los residuos desechados de la planta ubicada en Tucumán, que satisface aproximadamente un 1,85% de la demanda nacional de ácido.

Como se puede observar en la Tabla 3.3, la producción de nuestra planta, se encuentra muy por debajo de la demanda proyectada de glucosamina (Gráfico 3.8). Se estima alcanzar una producción de 8,25 t de glucosamina en 2025.



Tabla 3.3. Tendencia de la producción de glucosamina en base a la producción de ácido cítrico y residuo desechado.

Años	Producción de ácido cítrico (kg)	Residuo desechado (kg)	Glucosamina (kg)
2014	846.203,98	69.502,90	5.261,06
2015	821.940,34	67.510,00	5.110,20
2016	973.170,42	79.931,28	6.050,44
2017	1.021.395,81	83.892,26	6.350,27
2018	1.069.621,19	87.853,25	6.650,10
2019	1.117.846,58	91.814,24	6.949,92
2020	1.166.071,96	95.775,23	7.249,75
2021	1.214.297,35	99.736,22	7.549,58
2022	1.262.522,73	103.697,20	7.849,41
2023	1.310.748,12	107.658,19	8.149,24
2024	1.358.973,50	111.619,18	8.449,07
2025	1.407.198,88	115.580,17	8.748,90

Fuente. Elaboración propia, en base a las Tesis de grado: "Fermentación de la melaza para la obtención de ácidos orgánicos (2011)" y "Producción de ácido cítrico (2010)".

3.9.2 Ácido clorhídrico

3.9.2.1 Análisis de la oferta

El ácido clorhídrico se produce actualmente en Argentina. En la Tabla 3.4 se muestran las principales empresas productoras.



Tabla 3.4. Industrias productoras de ácido clorhídrico en Argentina

Compañía	Capacidad (t/año)	Ubicación
ATANOR	31.000	Río tercero (Cba)
CLOROX ARG	14.400	Pilar (Bs.As.)
EX QUÍMICA DEL NORTE	28.000	Campana (Bs. As.)
KHEGART	7.500	Chacras de Coria (Mza.)
LEDESMA	15.600	Pueblo Ledesma (Jujuy)
PAMCOR	8.500	Río tercero (Cba)
PETROQUÍMICA RÍO III	81.000	Río tercero (Cba)
SOLVAY INDUPA	73.000	Bahía Blanca (Bs. As.)
TRANSCLOR	38.500	Pilar (Bs.As.)

Fuente. Revista Industria & Química, Asociación Química Argentina.

3.9.2.2 Análisis de la demanda

El HCl se usa en la síntesis de numerosas drogas, así como también para poder purificar drogas que son ilegales en nuestro país, por lo que se hace difícil conseguir datos de comercialización y de su mercado al no estar inscriptas como empresas ante las entidades gubernamentales que la regulan. Las principales empresas que lo demandan en Argentina son PB LEINER Santa Fé y CROSSWELL QUÍMICA S.A.I.C. Ciudadela- Buenos Aires.

3.9.2.3 Comercio exterior

En las Tablas 3.5 y 3.6 se puede ver las cantidades exportadas e importadas de ácido clorhídrico en el periodo de 2005 al 2015.



Tabla 3.5. Exportaciones de ácido clorhídrico en el período de 2005 al 2015.

Año	Exportaciones (kg)
2005	83.638,58
2006	281.438,14
2007	1.174.653,82
2008	606.468,72
2009	374.251,24
2010	30.532,97
2011	2.440,14
2012	299.024,10
2013	352.979,08
2014	1.685,74
2015	2.599,84

Fuente. Scavage.

Tabla 3.6. Importaciones de ácido clorhídrico en el período de 2005 al 2015.

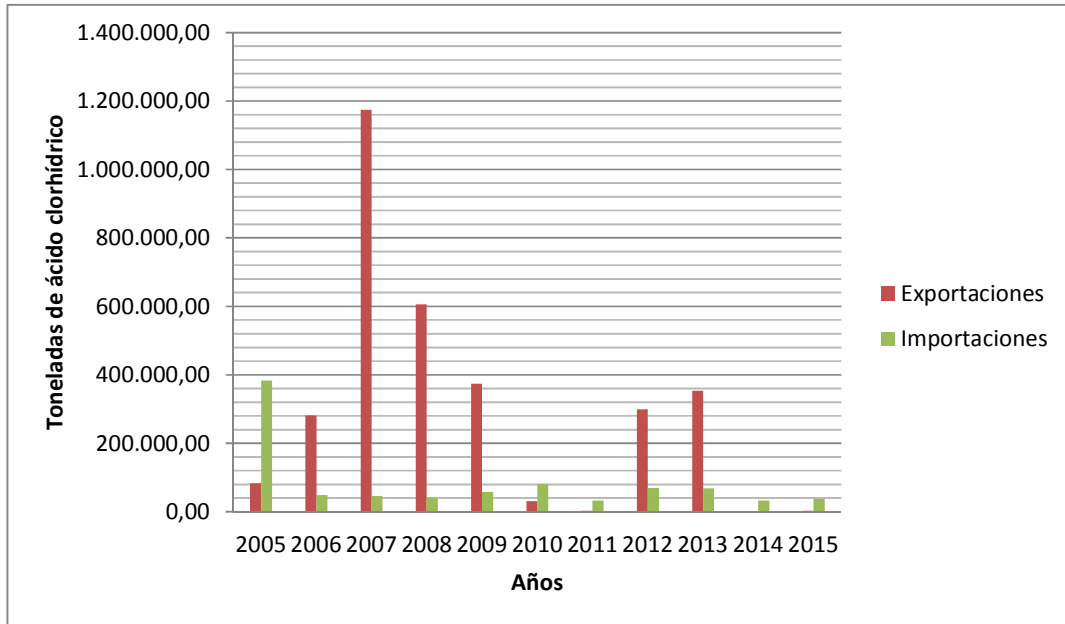
Año	Importaciones (kg)
2005	383.536,69
2006	48.943,86
2007	45.634,23
2008	40.634,23
2009	58.068,39
2010	81.351,38
2011	33.433,38
2012	68.850,83
2013	68.036,16
2014	33.337,53
2015	37.937,22

Fuente. Scavage.

En el Gráfico 3.9 se puede observar la variación de las importaciones y exportaciones de ácido clorhídrico. Hubo una disminución de las importaciones y aumento de las exportaciones, en el período mencionado, debido al aumento en la producción por parte de empresas existentes y el surgimiento de nuevas empresas en el mercado.



Gráfico 3.9. Importación- exportación de ácido clorhídrico en el período 2005-2015.



Fuente. Elaboración propia en base a los datos de SCAVAGE.

Del análisis del estudio de mercado del ácido clorhídrico se concluye que se puede satisfacer completamente la demanda de nuestra planta, debido a que la misma no superaría las 260 t en el año 2025.

3.10 Análisis FODA

Es una metodología de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, analizando sus características internas y su situación externa para ayudar a entender la posición competitiva de la actividad.

3.10.1 Fortalezas

- Se utiliza para la producción la biomasa generada por otro proceso, que tiene un costo de tratamiento antes de ser vertido, por lo que el empleo de la misma le da valor agregado al proceso.
- Espacio físico y servicios auxiliares disponibles por estar emplazada la planta dentro o inmediatamente al lado de la industria productora de ácido cítrico. Esta última se encuentra ubicada en el parque industrial Alvear en la Ciudad de Rosario, el cual posee todos los servicios.
- Sustitución de importaciones de glucosamina.
- Creciente uso de la glucosamina no solo en distintos medicamentos, sino también como aditivos en alimentos, tanto en humanos como en animales.



- Disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada en el país.
- Fácil acceso al mercado consumidor debido a la infraestructura vial.
- Los productos no son contaminantes.
- El proceso no presenta desechos contaminantes, y cuenta con la capacidad de evitar el vertido de efluente de la Industria de ácido cítrico, transformando toda la biomasa desechada en clorhidrato de glucosamina.
- Única empresa de producción nacional.

3.10.2 Oportunidades

- Existe un mercado en expansión, tanto interno como externo, debido a la alta tasa de crecimiento de la población y del aumento de la esperanza de vida, lo que implica un alto porcentaje de gente adulta que padecen algún tipo de enfermedades en las articulaciones.
- Mercado potencial: Posibilidad de expandir nuestro mercado a los países del MERCOSUR debido a que en estos no se produce glucosamina.
- Producto competitivo, ya que la incidencia del costo de las materias primas sobre el producto es baja.
- Beneficios debido a acuerdos comerciales entre Argentina y el MERCOSUR.
- Disponibilidad de servicios: cloacas, energía eléctrica, gas natural y demás.
- En la actualidad las importaciones se encuentran restringidas, y la entrada de producto al país es muy variable, existiendo faltantes en algunas épocas del año.

3.10.3 Debilidades

- La mayoría de los laboratorios se encuentran en la provincia de Buenos Aires, lo que implica costo de flete para la comercialización de la glucosamina producida.
- La producción está limitada a la disponibilidad de materia prima, es decir a los desechos de la planta de producción de ácido cítrico.

3.10.4 Amenazas

- En la actualidad es difícil conseguir un buen financiamiento.
- Volatilidad e incertidumbre de los mercados, productos de las recurrentes crisis nacionales e internacionales.



3.11 Conclusión

Del análisis FODA se concluye que la demanda de glucosamina va ir aumentando a lo largo de los años, esto conjuntamente con la no existencia de producción nacional, favorece la comercialización de nuestro producto.

Las amenazas y las debilidades se pueden eliminar con un buen nivel de calidad, y un precio menor a la glucosamina importada.

Por otro lado, los desequilibrios económico-financieros que pueden generarse tanto a nivel mundial como nacional, son obstáculos que deben superarse en cualquier rubro y constituyen parte de los riesgos en los que se incurre cuando se realiza una inversión.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N°4: Ubicación y capacidad de la planta

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



4.1 Introducción

Como ya se mencionó en el Capítulo 3, nuestra materia prima es el desecho del proceso de producción del ácido cítrico. En Argentina, actualmente, no existen plantas que produzcan este ácido, por lo que se decidió anexar nuestra planta a uno de los dos proyectos existentes de obtención de ácido cítrico realizados por alumnos la UTN Facultad Regional Villa María para graduarse de Ingeniería Química.

A continuación se detalla la ubicación y características de ambos proyectos para determinar cuál es la mejor opción.

- La planta de producción de ácido cítrico a partir de jarabe de glucosa (Planta 1), se encuentra ubicada en el parque industrial Alvear en la provincia de Santa Fe, más específicamente en la zona Sur de Gran Rosario. El mismo posee un sistema de fácil y rápida accesibilidad para llegar en minutos al puerto, aeropuerto, al Puente Rosario Victoria, al centro comercial de la ciudad o hacia otros centros urbanos, además dispone de todos los servicios infraestructura y urbanización (Belluccini & Fernández, 2010).
- La planta de producción de ácido cítrico a partir de melaza de caña de azúcar (Planta 2), se encuentra ubicada en el parque industrial de la Ciudad de San Miguel de Tucumán, el complejo está ubicado en la autopista circunvalación, en el kilómetro 1294 de la Ruta Nacional 9. Cuenta con un centro de agronegocios y ubicaciones diseñadas para depósitos, oficinas, centro de logística y para fábricas de baja y mediana complejidad (Mangini, R. & Zárate, L., 2011).

4.2 Criterios utilizados para determinar la ubicación de la planta

Los factores considerados como claves en esta decisión son:

- Localización de mercados: La mayoría de los laboratorios se encuentran ubicados en la provincia de Buenos Aires, pero también se encuentran algunos laboratorios distribuidos en las provincias de Santa Fe, Tucumán, La Rioja, San Juan, entre otras. Si bien es un factor muy importante debido al costo del flete, se le da una ponderación de 0,20 debido a que existen algunos laboratorios en la cercanía de las dos plantas.
- Disponibilidad de mano de obra: En los dos lugares considerados se dispone de personal calificado y no calificado. Por lo que la ponderación proporcionada es de 0,10.



- Aprovechamiento de los desechos: Ambas plantas desechan la biomasa, esto implica un costo de tratamiento para poder ser vertido sin causar daños al medio ambiente y a la salud humana. Se considera un factor importante y se le da una ponderación de 0,30.
- Almacenamiento de la materia prima: La Planta 1 produce ácido cítrico 360 días del año, lo que implicaría tener todo el año materia prima disponible. En cambio la Planta 2, produce ácido cítrico cuatro meses al año (junio, julio, noviembre y diciembre). La ponderación es de 0,20.
- Cantidad de materia prima disponible: La planta 1 trabaja 360 días del año y desecha 53.100 kg/año de biomasa, la Planta 2 trabaja sólo 4 meses y medio al año, y desecha 62.480 kg/año de biomasa, lo que implica que se desechan aproximadamente 10.000 kg más en la Plata 2. La ponderación es de 0,20.

Tabla 4.1. Calificación de las plantas de producción de ácido cítrico

FACTORES	PONDERACIÓN	PLANTA 1		PLANTA 2	
		CALIFICACIÓN	TOTAL	CALIFICACIÓN	TOTAL
Localización de mercados	0,2	4	0,8	2	0,4
Disponibilidad de mano de obra	0,1	5	0,5	5	0,5
Aprovechamiento de los desechos	0,3	5	1,5	5	1,5
Almacenamiento de la materia prima	0,2	4	0,8	2	0,4
Cantidad de materia prima disponible	0,2	4	0,8	5	1
Totales	1		4,4		3,8

Escala	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Valor numérico	5	4	3	2	1

Fuente. Elaboración propia

Como resultado de este análisis cuantitativo realizada en Tabla 4.1 se puede concluir que la planta 1 es la mejor elección, ya que obtuvo el mayor puntaje.



En la Figura 4.1 se muestra la ubicación geográfica del parque industrial Alvear, en donde está ubicada la planta de producción de ácido cítrico a la cual anexaremos nuestra planta.



Figura 4.1. Parque Industrial Alvear, Rosario. Fuente. Google Earth

4.3 Análisis del mercado consumidor

En Argentina, el sector productivo farmacéutico está conformado por 250 empresas, incluyendo tanto a las que producen en el país como a las que importan medicamentos terminados o semiterminados para luego comercializarlos. Existen 110 plantas industriales (93 de capital nacional y el resto de origen extranjero) (Filadoro & Dicovski, 2015). En la Tabla 4.2 se detallan las principales provincias donde se encuentra concentrada la producción farmacéutica.



Tabla 4.2. Localización geográfica de la producción farmacéutica en 2010.

Localización geográficas de la producción farmacéutica	
CABA	23,20%
Resto de Buenos Aires	21,80%
Córdoba	8,30%
Santa Fe	7,50%
Tucumán	4,30%
Mendoza	4,20%
Entre Ríos	3,80%

Fuente. Elaboración propia con base en MINCyT.

4.4 Disponibilidad de materia prima

Debido a que la cantidad de glucosamina obtenida con los desechos producidos por la planta a la que se anexa, no satisface un porcentaje muy elevado de la demanda nacional, se evalúa el costo de traer la biomasa desechada por la planta de ácido cítrico ubicada en Tucumán para aumentar nuestra producción.

Como ya se mencionó anteriormente, la planta de Tucumán produce 62.480 kg/año de biomasa, y está ubicada a 960 km de distancia de nuestra planta, es decir, a unas 10 h de viaje. Teniendo en cuenta que el costo de flete para trasladar un desecho químico es de \$8316,00 por día más \$10,38 + IVA por cada kilómetro recorrido (Comisión Directiva ATACI, 2015) y que se deberán hacer como mínimo 4 viajes al año, uno por cada mes de producción, por lo que trasladar esta biomasa costaría \$28.246,00 + IVA por viaje.

El costo de flete por kilogramo de glucosamina producida es de \$2,18. Comparando este costo con el precio del producto terminado en el mercado, el cual es de \$3.919,66 el kilogramo, el costo de flete representa un porcentaje muy pequeño del precio final en el mercado.

Al ver la baja incidencia del costo de flete en el producto terminado, se decide trasladar esa biomasa para aumentar nuestra producción. Esta evaluación se llevará a cabo con más detalle en el estudio económico financiero, donde se determinará la logística de los viajes, definiendo la cantidad y la forma de transporte que sea más eficaz y económicamente más rentable.



4.5 Tamaño de la planta

Debido al análisis realizado anteriormente, se decide tratar la biomasa desechada por ambas plantas productoras de ácido cítrico.

En la actualidad, se desechan 67,51 t/año de biomasa y, realizando la proyección hacia el 2025, se desecharán 115,58 t/año de materia prima por lo que la planta deberá contar con una capacidad de producción de 8,25 t/año de glucosamina.

El proceso de elaboración será batch. Se considera que la producción se realizará durante 50 semanas al año y las 2 semanas restantes se utilizarán, una para tareas de mantenimiento de la planta y equipos y la otra por paradas imprevistas. Por lo que, se efectuará 1,5 batch por semana, produciéndose 116,82 kg/batch de glucosamina.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N° 5: Descripción y selección del proceso

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



5.1 Introducción

En este capítulo se presenta un estudio detallado de las distintas alternativas posibles para la producción de glucosamina, cada una de las cuales utiliza diferentes materias primas para obtener el producto final. El objetivo es seleccionar el proceso más conveniente para ser utilizado en este proyecto, y detallar las etapas más importantes del mismo.

5.2 Procesos de obtención de glucosamina

La glucosamina se puede obtener a partir de diferentes fuentes. Las más importantes son a partir de residuos de crustáceos, de *Escherichia coli* (E. Coli) y de algunos hongos.

5.2.1 Obtención de glucosamina a partir de residuos de crustáceos

El proceso de producción consiste en extraer la quitina de los desechos de camarón usando un tratamiento químico. Una vez obtenida la misma, como se muestra en la Figura 5.1, se puede realizar una hidrólisis básica para obtener quitosano y luego una hidrólisis enzimática o ácida para obtener glucosamina (Ferrer et al., 1996; Sashiwa et al., 2002). Otra forma de obtenerla es directamente a través de la hidroclicación de la quitina (Rupley 1964; Hsieh et al., 2007; Chang et al., 2011).

Esta fuente de glucosamina tiene las desventajas de presentar variaciones significativas en su composición debido a que crecen naturalmente en circunstancias no controladas. Los mariscos pueden variar en aspectos tales como su tamaño y composición dependiendo de las condiciones de crecimiento, así como su especie. Además, sin control sobre las condiciones de crecimiento, los crustáceos pueden estar expuestos a los contaminantes ambientales, incluyendo metales pesados, que pueden ser retenidos en la glucosamina. Las cosechas de mariscos son a menudo estacionales, y por lo tanto el suministro y el precio de los mismos muestra una variación significativa con el tiempo. Otro inconveniente que presenta la glucosamina derivada de los crustáceos es que una parte significativa de la población humana tiene alergias a los mariscos y son incapaces de utilizar productos que contengan ingredientes derivados. La cosecha excesiva de mariscos podría tener un gran impacto ambiental negativo (Ray, Brenda L., Fosdick, Lawrence E, Bohlmann, John A, & Trinkle, James R).

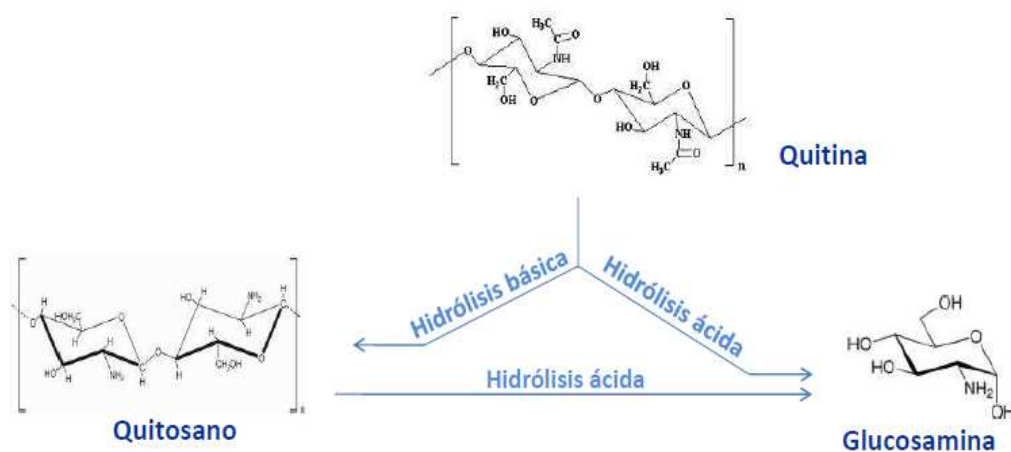


Figura 5.1. Obtención de glucosamina a partir de la quitina.

5.2.2 Obtención de glucosamina a partir de *Escherichia Coli*

Este método consta en cultivar en un medio de fermentación, que contiene fuentes asimilables de carbono, nitrógeno y fosfato, un microorganismo que tiene una modificación genética en una vía metabólica amino azúcar; para la posterior recuperación intracelular de glucosamina-6-fosfato a partir del microorganismo y / o la recuperación de glucosamina extracelular del medio de fermentación. Luego de esta etapa se realiza la purificación de la glucosamina del medio de fermentación, el aislamiento de la glucosamina-6-fosfato a partir del microorganismo, y la desfosforilación de la glucosamina-6-fosfato para producir glucosamina (Berry, Alan , Burlingame, Richard P. , & Millis, James R., 2000).

El microorganismo utilizado puede ser una bacteria o una levadura. Preferiblemente se utiliza *Escherichia Coli* manipulada genéticamente para aumentar la acción de la glucosamina-6-fosfato sintasa en el microorganismo, y de esta manera mejorar la producción de glucosamina a través de la sobreproducción de ciertas enzimas y la inhibición de los procesos de transporte (Berry, Alan , Burlingame, Richard P. , & Millis, James R., 2000).

5.2.3 Obtención de glucosamina a partir de hongos

La glucosamina se puede obtener a partir de biomasa de hongos, principalmente los hongos filamentosos que contienen quitina, tales como, fuentes fúngicas derivadas de *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Mucor* sp. Las más adecuadas son *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus oryzae*, *Mucor rouxii*, *Penicillium chrysogenum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum*, *Penicillium notatum*, y *guillermondi Candida*.



La biomasa adecuada para la producción de la glucosamina puede ser generada específicamente para este proceso o ser obtenida como un subproducto de otros procesos. La biomasa puede ser recuperada a partir de una reacción de fermentación comercial, tales como la producción de ácidos orgánicos, incluyendo ácido cítrico (Ray, Brenda L., Fosdick, Lawrence E, Bohlmann, John A, & Trinkle, James R, 2010).

La etapa más importante de este proceso es la digestión en donde se convierte la quitina en glucosamina a través de una hidrólisis ácida y/o básica, a alta temperatura durante varias horas. La glucosamina obtenida se filtra, cristaliza, centrifuga y seca para su purificación (Ray, Brenda L., Fosdick, Lawrence E, Bohlmann, John A, & Trinkle, James R, 2010).

5.3 Selección del proceso

5.3.1 Criterio de selección

Para la selección se tuvo en cuenta el proceso que permite obtener una glucosamina de mayor calidad y al menor costo.

Analizando la numerosa cantidad de desventajas, mencionadas anteriormente, de la producción a partir de los desechos de los mariscos, se descarta este proceso.

Teniendo en cuenta el criterio económico, el proceso de producción a partir de hongos resulta económicamente más rentable que empleando E.coli, ya que el primero se puede realizar a partir de los desechos de biomasa de producción de ácidos orgánicos, por lo que sería menos costoso.

De los hongos mencionados, el A. Niger, es el que presenta mayor capacidad de producción de glucosamina.

Para la obtención de A. Niger se emplean medios de cultivo ricos en hidratos de carbono, principalmente sacarosa y glucosa. Uno de los medios que permite obtener una mayor cantidad de biomasa, es el que se utiliza para la producción de ácido cítrico, por lo que se decide realizarlo a partir de los desechos generados por este proceso de producción.

5.3.2 Detalles del proceso de producción a partir de Aspergillus Níger

El clorhidrato de glucosamina deriva de un polisacárido denominado quitina, que se produce naturalmente como un componente de las paredes celulares



del microorganismo *Aspergillus Niger*. La quitina se compone de subunidades moleculares no ramificadas repetidas de N-acetil D-glucosamina.

Posteriormente, se detalla el proceso de producción del clorhidrato de glucosamina.

5.3.2.1 Materia prima

La cepa del *A. Niger* se obtiene del proceso de fermentación para la producción de ácido cítrico de grado alimenticio, por lo que la misma no es tóxica ni patógena. La biomasa es producida de una manera cuidadosamente controlada para que la misma sea uniforme.

El ácido clorhídrico es una materia prima importante para el proceso, por lo que debe ser monitoreado para asegurar el cumplimiento de su calidad alimenticia.

5.3.2.2 Digestión

La digestión de la biomasa a glucosamina puede realizarse de diferentes formas, mediante una hidrólisis ácida o una hidrólisis básica seguida de una hidrólisis ácida. A continuación se detallan las dos opciones y se determina cuál es la más conveniente.

Hidrólisis ácida

La etapa más importante consta en hacer reaccionar o digerir la biomasa fúngica con ácido clorhídrico, a altas temperaturas. Para ello se combina la biomasa con el ácido, formándose una suspensión cuya relación en peso residuo de ácido cítrico: ácido clorhídrico sea igual a 1:1,6 a 2,5. Esta suspensión se coloca en un reactor sellado a una presión de 1 atm de 2 a 5,5 h para que reaccione a una temperatura que puede ir de 90 a 160°C (Bai, Wang, & Wang, 2013).

El ácido cataliza la hidrólisis de la quitina, dando como resultado la despolimerización y la desacetilación de la quitina para formar clorhidrato de glucosamina en un solo paso. Esencialmente, cada escisión de la estructura molecular implica la adición de una molécula de agua a través de la unión. La despolimerización reduce la longitud de cadena del polímero de quitina a oligómeros, y en última instancia a monómeros. La desacetilación implica la pérdida del grupo acetilo (COCH_3) a través del consumo de una molécula de agua y ácido clorhídrico y la producción de una molécula de ácido acético. La hidrólisis ácida es suficientemente fuerte para despolimerizar y desacetilar la quitina a glucosamina, pero las condiciones del proceso son tales que las moléculas de glucosamina no se degradan significativamente (Cargill, 2004).



Dependiendo de los parámetros de hidrólisis ácida, se pueden descomponer otros componentes (tales como glucanos, proteínas y lípidos) que existen en la biomasa fúngica (Ray, Brenda L., Fosdick, Lawrence E, Bohlmann, John A, & Trinkle, James R, 2010).

Hidrólisis básica

La biomasa se trata con una solución acuosa de hidróxido de sodio al 4% en un recipiente a presión a una temperatura de 120 °C durante una hora. Este paso elimina el exceso de proteínas y otros materiales indeseables. A continuación la biomasa se lava con agua desionizada hasta que su pH sea de 7. Luego de este tratamiento se realiza la hidrólisis ácida (Ray, Brenda L., Fosdick, Lawrence E, Bohlmann, John A, & Trinkle, James R, 2010).

La eliminación de los residuos líquidos que contiene materiales cáusticos y/o corrosivos puede causar serios problemas ambientales. Por lo que los mismos deben ser tratados para eliminar el material cáustico o corrosivo, o para convertirlos en compuestos menos dañinos. Los costos asociados a la eliminación de estos residuos reducen el beneficio que se puede lograr a partir de su utilización (Ray, Bohlmann, Grunig, Trinkle, & Bassett, 2008).

Por esta razón se decide realizar solo una hidrólisis ácida en esta etapa del proceso.

5.3.2.3 Condiciones de la hidrólisis ácida

Se calienta ácido clorhídrico 35% en peso, a 60°C con vapor y se bombea hacia el reactor (Bai, Wang, & Wang, 2013). Luego, el residuo de ácido cítrico se introduce gradualmente en el reactor con agitación para evitar la excesiva formación de espuma (Gandhi & Laidler, 2002). La biomasa, contiene un 24% de quitina (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010), de la misma sólo reacciona un 37% (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010). Este residuo, que contiene 18% de agua y 82% de biomasa sólida, forma una primera mezcla, que se calienta con vapor hasta 105°C (Bai, Wang, & Wang, 2013). La hidrólisis se lleva a cabo durante 5 horas, tiempo suficiente para que se produzca la ruptura total de la quitina, pero no tan largo como para ser ineficiente o para que se descomponga en exceso la glucosamina (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010).

La relación en peso de residuo de ácido cítrico: ácido clorhídrico es 1:2,25 (Bai, Wang, & Wang, 2013).

En las condiciones de reacción antes mencionadas se obtiene la mayor eficiencia de clorhidrato de glucosamina (Bai, Wang, & Wang, 2013). Se debe



tener especial cuidado con la temperatura en la que se produce la reacción debido a que si esta se eleva por encima de los 110°C se produce la carbonatación del residuo del ácido cítrico, disminuyendo considerablemente la producción de clorhidrato de glucosamina (Xiaoling , Zhi , & Zhi, 2013).

5.3.2.4 Características del reactor

El reactor utilizado es un tanque enchaquetado, calentado con vapor y agitado gradualmente (Yuanming , Liqun, Wuzhou, Wang, Yonghong, & Xianzhong, 2009). La velocidad de agitación es de entre 300 a 800 rev/min (Xiaoling , Zhi , & Zhi, 2013).

Se ha comprobado que para producir altas concentraciones de glucosamina se debe aumentar la temperatura y/o la presión en el reactor. Esto permite que ocurra la reacción utilizando menor cantidad de ácido o en un período de tiempo más corto (Anderson , y otros, 2006).

La solución de ácido y biomasa se puede en un reactor batch, de tal manera que la reacción pueda tener lugar a altas temperaturas, es decir, de 90 a 160 °C, y a presiones ligeramente superiores a la atmosférica, que pueden llegar hasta 10 atmósferas. El aumento de las presiones pueden ser debido a la reacción que tiene lugar a una temperatura incrementada en un recipiente sellado o puede tener lugar en un recipiente en el que se hace aumentar la presión de otra manera (Anderson , y otros, 2006).

Otra opción, es que la reacción se produzca en un recipiente a presión atmosférica y a temperaturas aproximadamente de 120°C (Anderson , y otros, 2006). Este tipo de reactor incluye un sistema de recuperación de vapores de ácido clorhídrico, que comprende una trampa de agua fría para capturar y condensar los mismos (Gandhi & Laidler, 2002).

El reactor más conveniente para el proceso es un recipiente cerrado enchaquetado con agitación, que se encuentra a una presión de 3 atm, el cual trabaja a una temperatura de 105 °C (Bai, Wang, & Wang, 2013).

Teniendo en cuenta la cinética, en dicho tiempo se logra una conversión del 37%. Los cálculos de la cinética se encuentran en el Anexo I.

5.3.2.5 Filtración

La solución de reacción que sale del reactor pasa por un filtro. La torta sólida que queda retenida en el filtro, se lava de 2 a 3 veces con agua, para obtener un filtrado neutro o ligeramente ácido, y finalmente recoger y mezclar la solución de filtrado y el agua de lavado (Bai, Wang, & Wang, 2013). El total de



agua de lavado utilizada representa un 26% de la solución de reacción que entra al filtro (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010).

La filtración de la biomasa digerida, también denominada solución madre, se produce como una primera etapa de purificación, para eliminar impurezas sólidas que son desechadas luego de su neutralización, dando un filtrado sustancialmente transparente, que contiene clorhidrato de glucosamina, así como también pequeñas cantidades de glucosa y otros azúcares (Ventilador, Bohlmann, Trinkle, Steinke, Hwang, & Henning, 2006).

5.3.2.6 Evaporación

La evaporación se utiliza para concentrar la glucosamina en solución y eliminar algunos excesos de ácido clorhídrico. La evaporación culmina cuando se evapora el 80% de la solución filtrada (Bai, Wang, & Wang, 2013).

5.3.2.7 Cristalización

En el cristizador la solución de entrada se concentra y enfría hasta que la concentración de soluto es superior a su solubilidad, para la temperatura de trabajo. Esta concentración produce la precipitación de glucosamina como clorhidrato de glucosamia dando como resultado un precipitado, denominado solución madre (Bai, Wang, & Wang, 2013).

Como el tamaño requerido es de 80 mallas, se toma un tiempo de retención en el cristizador de 2 h, debido a que el sistema reacciona con rapidez cuando se producen cristales entre 100 a 50 mallas (Perry, 2001).

La solubilidad del clorhidrato de glucosamina a 25 °C es de 0,1 g/ml.

5.3.2.8 Centrifugación

Al salir del cristizador, la solución madre pasa por un intercambiador de calor, donde se enfría hasta una temperatura de 25°C, y luego, va a una centrifuga. En la misma, se separan los sólidos del líquido (Bai, Wang, & Wang, 2013).

El sólido, también llamado crudo, tiene un pequeño porcentaje de humedad y está compuesto principalmente por glucosamina y glucosa, y en menor proporción por impurezas sólidas. El líquido separado se denomina solución de desecho (Bai, Wang, & Wang, 2013).



5.3.2.9 Purificación

La purificación consta de dos etapas:

- a) Se introduce el crudo en un tanque agitado enchaquetado primario, denominado purificador primario, que se encuentra calefaccionado a 95 °C con vapor de agua y opera a la presión de 1 atm. Luego, se introduce al tanque agua desionizada y carbón activado y se mantiene la reacción durante 0,5 h. La relación en peso de crudo: agua desionizada: carbón activado es 1:1:0,1 (Bai, Wang, & Wang, 2013).

La solución que sale del tanque se filtra para eliminar productos de desecho y el carbón activado (Gandhi & Laidler, 2002), obteniéndose una solución semi-acabada primaria, que se traslada a un intercambiador de calor para disminuir su temperatura hasta 35°C (Bai, Wang, & Wang, 2013).

Esta etapa se realiza para decolorar el clorhidrato de glucosamina (Gandhi & Laidler, 2002).

- b) Después de disminuirle la temperatura, se centrifuga para eliminar el agua y la solución semi-acabada primaria, va a un tanque agitado secundario, o purificador secundario, donde se lava con una pequeña cantidad de etanol al 95%, durante 0,8 h a presión atmosférica y temperatura ambiente (Bai, Wang, & Wang, 2013). La relación en peso de solución semi-acabada primaria: alcohol es de 1:0,5 (Gandhi & Laidler, 2002). No es recomendable diluir el etanol debido a que el clorhidrato de glucosamina puede solubilizar y perderse (Gandhi & Laidler, 2002).

La agitación de esta mezcla produce la precipitación del clorhidrato de glucosamina (Gandhi & Laidler, 2002).

En esta etapa se eliminan los azúcares en exceso para así obtener un producto de mayor pureza (Gandhi & Laidler, 2002).

5.3.2.10 Centrifugación

La separación, eliminación del etanol y purificación de cristales de clorhidrato de glucosamina de la mezcla se logra mediante el uso de una centrifuga (Cargill, 2004).

5.3.2.11 Secado

Los cristales de clorhidrato de glucosamina se secan para eliminar las sustancias líquidas. (Bai, Wang, & Wang, 2013). En esta etapa se debe eliminar el 5% de agua, obteniéndose el producto final para envasado.



5.4 Descripción del proceso seleccionado

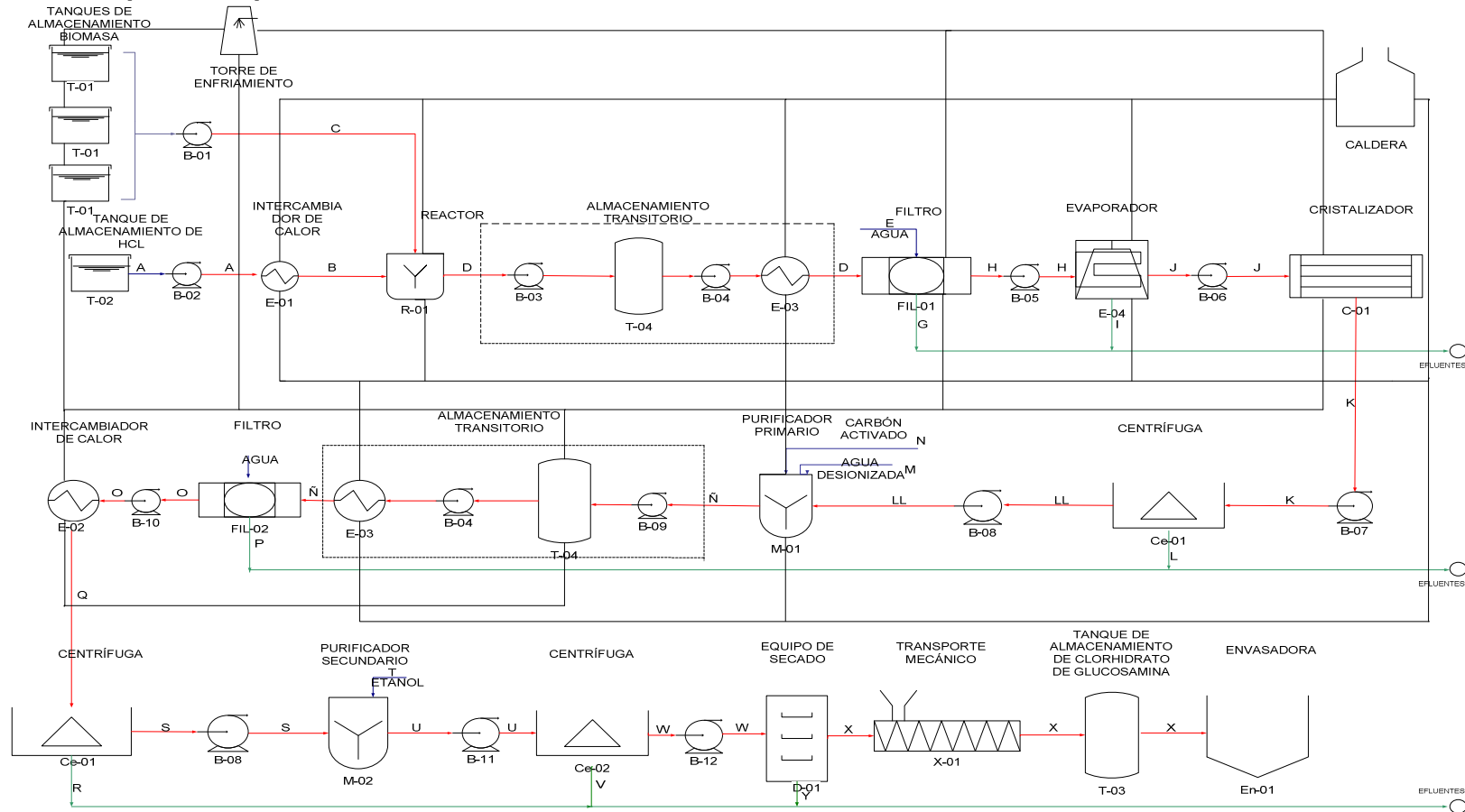


Figura 5.2 Flow Sheet "Proceso de obtención de clorhidrato de glucosamina".



5.5 Composición de la glucosamina

Las composiciones del producto que deriva de fuentes de biomasa de hongos relativamente uniformes, son generalmente uniforme. Cuando se habla de "biomasa fúngica uniforme" se refiere a biomasa de la misma especie, que crece en el mismo medio, y se cultiva en un ambiente relativamente controlado.

Dependiendo de la metodología utilizada para purificar, la glucosamina resultante puede tener composiciones variables, que van desde 98 a 99,8% de clorhidrato de glucosamina. También puede contener ingredientes adicionales, tales como sales, glucosa, melanoidinas y ácidos, como se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Composición cuantitativa del clorhidrato de glucosamina.

Componentes	Composición
Clorhidrato de glucosamina	98 - 99,8%
Glucosa	0,01 - 2%
Melanoidinas	0,01 - 0,1%
Ácido levulínico	0,01 - 0,4%

Fuente. Patente US 7816514.

El producto obtenido tiene las características cuantitativas que se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Características cuantitativas del clorhidrato de glucosamina.

Características	Especificaciones
Fórmula molecular	$C_6H_{13}NO_5 \cdot HCl$
Peso molecular	215,63 g
Pureza	98%
Materia seca	99,99%
pH*	3,0 a 5,0
Metales pesados	< 0,001%
Cenizas	< 0,1%
Azufre	< 0,24%

*medido en solución acuosa de 20 mg/ml.

Fuente. Cargill

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N° 6: Balance de masa y energía

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



6.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrollan los cálculos correspondientes a los balances de masa y energía inherentes al proceso en su totalidad, como así también para cada etapa del proceso. Para llevar a cabo este objetivo, se analizan las corrientes másicas entrantes y salientes de cada etapa, la composición de las mismas y requerimientos energéticos.

Se toma como base de cálculo 1541,06 kg/batch de materia prima, cantidad obtenida en base al desecho de biomasa producido por las dos plantas de ácido cítrico.

Con el resultado de estos balances es posible el dimensionamiento y adopción de los equipos necesarios.

En la actualidad, se desechan 67,51 t/año de biomasa y, realizando la proyección hacia el 2025, se desecharán 115,58 t/año de materia prima por lo que la planta deberá contar con una capacidad de producción de 8,75 t/año de glucosamina.

6.2 Modo de trabajo

En el capítulo 4 se definió la capacidad productiva de la planta tomando como referencia la producción anual de residuo de ácido cítrico, el cual es de 115,58 t en 2025.

El proceso de elaboración será discontinuo. Para el cálculo de la masa de glucosamina obtenida por batch se considera que la producción se realizará durante 50 semanas al año, dejando 2 semanas libres, una para tareas de mantenimiento de la planta y , y la otra por detenciones imprevistas. Como se considera que se efectuará 1,5 batch por semana, se dividen los 115,58 t/año de residuo de ácido cítrico por los 75 batch realizados por año, produciéndose 116,82 kg/batch de glucosamina.

6.3 Balances de masa

Para la realización de los balances de masa se tuvieron en cuenta una serie de consideraciones:

- Se parte de la premisa de que se opera en estado estacionario, esto es no hay acumulación en el sistema
- Cada etapa con lleva un rendimiento o eficacia asignado, reportado en la bibliografía o comparable con la misma etapa en procesos análogos.



6.4 Nomenclatura

A continuación se presenta la nomenclatura empleada en el cálculo para definir las corrientes másicas y sus componentes. Las letras mayúsculas representan a las corrientes másicas y las minúsculas acompañadas de la letra X, a la fracción en peso de cada componente en las mismas.

Cabe aclarar además que todos los cálculos se expresan en kg/bach, salvo se haga uso de alguna otra unidad para lo cual se denota previamente dicho caso.

6.5 Balance general

En la Tabla 6.1 se muestra el balance global para el proceso en su totalidad, teniendo en cuenta solo las corrientes externas y en la Figura 6.1 se muestra el Flowsheet del proceso de obtención de clorhidrato de glucosamina.

Tabla 6.1. Balance global para el proceso

<i>BALANCE GLOBAL</i>
A + C + E + M + N + T = G + I + L + P + R + V + X + Z

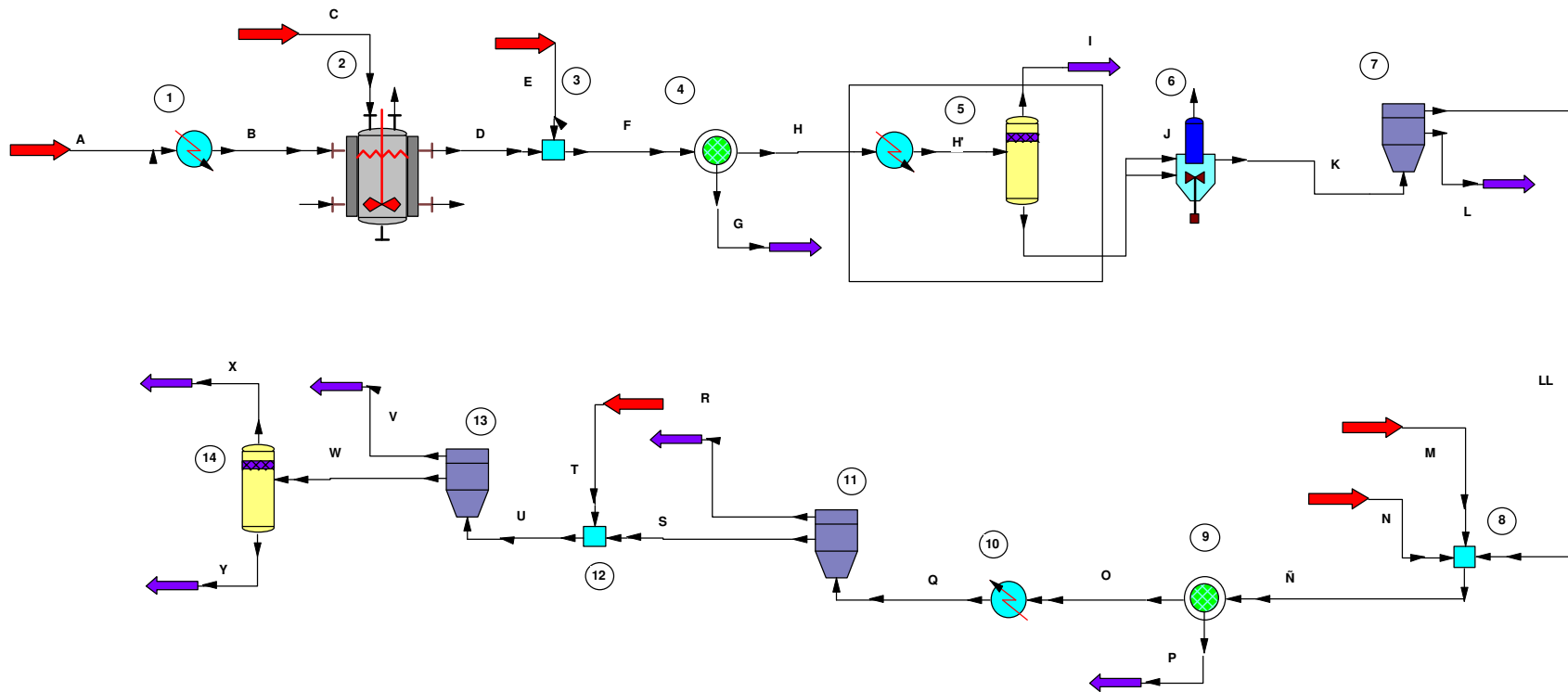


Figura 6.1. Flowsheet.
Fuente: Elaboración propia.



6.5.1 Primer intercambiador de calor

Se precalienta el ácido clorhídrico con vapor a 60°C.

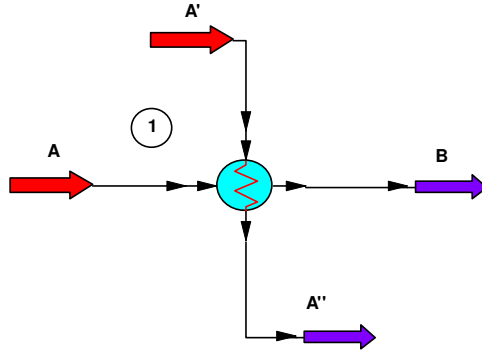


Figura 6.2. Esquema representativo del intercambiador de calor.

Consideraciones del proceso:

- Se emplea ácido clorhídrico con una concentración del 35% (Bai, Wang, & Wang, 2013), no se debe usar concentraciones muy altas (> 50%), ya que la molécula de quitina puede sufrir cambios en su estructura dando lugar a diferentes compuestos, como sales inorgánicas (Mojarrad, Manhboob, & Bourbour, 2007).

Tabla 6.2. Balance de componentes para el intercambiador de calor 1.

Balance de componentes del Intercambiador de calor 1							
Equipo: E-01							
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
A	Entrada	Ácido clorhídrico	3467,39	HCl		35%	1213,58
				Agua		65%	2253,80
A`	Entrada	Vapor de agua	168,21	Agua		100%	168,21
B	Salida	Ácido clorhídrico	3467,39	HCl		35%	1213,58
				Agua		65%	2253,80
A``	Salida	Vapor de agua	168,21	Agua		100%	168,21

Fuente. Elaboración propia.

6.5.2 Reactor

Se produce la hidrólisis ácida de la biomasa para producir clorhidrato de glucosamina en un reactor tanque agitado.

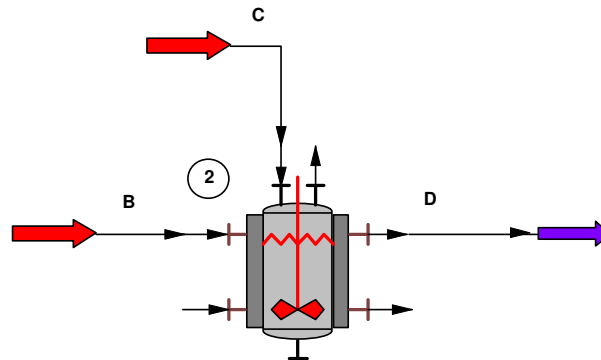


Figura 6.3. Esquema representativo del reactor.

Tabla 6.3. Balance general para el reactor.

<i>BALANCE GENERAL</i>	B + C = D
<i>Balance de agua</i>	$x_{WA}B + x_{WW}C = x_{WD}D$

Consideraciones del proceso:

- El residuo de ácido cítrico, que se desecha de la etapa de filtrado del proceso de producción de este ácido, contiene un 18% de humedad, el resto es biomasa (Gandhi & Laidler, 2002).
- La biomasa, del residuo de ácido cítrico, contiene un 24% de quitina (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010).
- Del total de la quitina que se encuentra en la biomasa sólo reacciona un 37% (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010).
- El residuo de ácido cítrico se introduce gradualmente en el reactor con agitación para evitar la excesiva formación de espuma (Gandhi & Laidler, 2002).
- La reacción se lleva a cabo a 105 °C, alcanzando esta temperatura por calentamiento con vapor (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- La hidrólisis ácida se lleva a cabo durante 5 horas, tiempo suficiente para la ruptura de la quitina, pero no tanto como para ser ineficiente o se descomponga en exceso la composición de la glucosamina. (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010)
- El reactor es sellado, por lo que no se producen pérdidas en esta etapa.
- La relación en peso de residuo de ácido cítrico: ácido clorhídrico es 1:2,25 (Bai, Wang, & Wang, 2013).



Tabla 6.4. Balance de componentes para el reactor.

Balance de componentes del Reactor								
Equipo: R-01								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)	
B	Entrada	Ácido clorhídrico	3467,385	HCl	35%	24,23%	1213,60	
				Agua	65%	45,00%	2253,80	
C	Entrada	Residuo de ácido cítrico	1541,06	Agua	18%	5,54%	277,39	
				Biomasa	82%	25,23%	1263,66	
D	Salida	Solución de reacción	5008,445	Glucosamina		2,38%	119,20	
				HCl		23,83%	1193,51	
				Agua		50,14%	2511,23	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	3,82%	191,32
					Otras impurezas	81,36%	16,67%	834,91
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,66%	33,06
Glucosa	79,11%	2,50%	125,21					

Fuente. Elaboración propia.

6.5.3 Primer filtro

Se realiza la filtración para eliminar las impurezas no solubles de la solución madre.

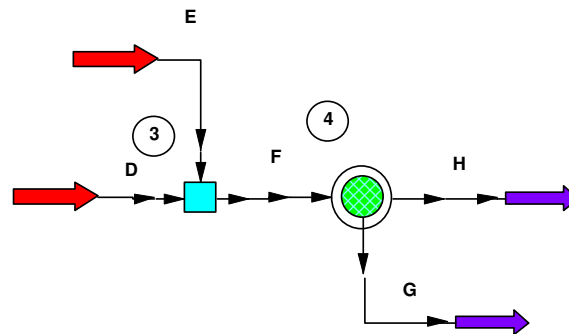


Figura 6.4. Esquema representativo de la filtración.

Consideraciones del proceso:

- Se considera una pérdida de masa del 1% de clorhidrato de glucosamina, HCl y de las impurezas no solubles; quedando retenidas el 99% de las impurezas no solubles.



- Luego de la filtración se realiza el lavado de la torta en tres veces, para que el pH de salida del filtrado madre sea próximo a 7 (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- El total de agua de lavado utilizada representa un 26% de la solución de reacción que entra al filtro (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010).
- Se considera que queda retenida en el filtro el 20% del agua de lavado.

Tabla 6.5. Balance de componentes para el filtro 1.

Balance de componentes del Filtro 1								
Equipo: FIL-01								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente		Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
D	Entrada	Solución de reacción	5008,445	Glucosamina			2,38%	119,20
				HCl			23,83%	1193,51
				Agua			50,14%	2511,23
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	3,82%	191,32
					Otras impurezas	81,36%	16,67%	834,91
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,66%	33,06
Glucosa	79,11%	2,50%	125,21					
E	Entrada	Líquido de lavado	1302,20	Agua lavado			100,00%	1302,20
G	Salida	Torta	1291,15	Glucosamina			0,09%	1,19
				Agua lavado			20,17%	260,44
				HCl			0,92%	11,94
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	14,67%	189,41
					Otras impurezas	81,36%	64,02%	826,56
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,03%	0,33
Glucosa	79,11%	0,10%	1,25					
H	Salida	Filtrado madre	5019,49	Agua lavado			50,03%	3552,99
				Agua			20,75%	
				Glucosamina			2,35%	118,01
				HCl			23,54%	1181,58
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,04%	1,91
					Otras impurezas	81,36%	0,17%	8,35
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,65%	32,73
					Glucosa	79,11%	2,47%	123,96

Fuente. Elaboración propia.



6.5.4 Evaporador

La concentración se realiza mediante un evaporador como se muestra en la Figura 6.5.

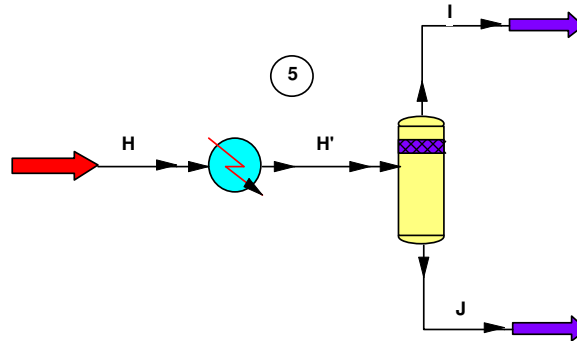


Figura 6.5. Esquema representativo de la evaporación.

Consideraciones del proceso:

- La evaporación se realiza hasta la reducción del 80% de la corriente de entrada (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- Teniendo en cuenta la temperatura en la que se produce la evaporación, y analizando los puntos de ebullición de las sustancias, se concluye que el clorhidrato de glucosamina, la glucosa y las impurezas sólidas no presenta pérdidas, el HCl se elimina completamente y el agua y el ácido acético se eliminan en un 99%.



Tabla 6.6. Balance de componentes para el evaporador.

Balance de componentes del Evaporador								
Equipo: E-04								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal máximo (kg)	Componente		Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal máximo del componente (kg)
H	Entrada	Filtrado madre	5019,49	Agua lavado			50,03%	3552,99
				Agua			20,75%	
				Glucosamina			2,35%	118,01
				HCl			23,54%	1181,58
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,04%	1,91
					Otras impurezas	81,36%	0,17%	8,35
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,65%	32,73
					Glucosa	79,11%	2,47%	123,96
I	Salida	Desecho	3988,14	Agua			69,84%	2785,17
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,01%	0,49
					Otras impurezas	81,36%	0,05%	2,12
				HCl			29,56%	1178,85
				Ácido acético			0,54%	21,54
J	Salida	Solución madre	1031,34	HCl			0,26%	2,73
				Glucosamina			11,44%	118,01
				Agua			74,45%	767,82
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,14%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	0,60%	6,22
				Impurezas solubles	Glucosa	99,50%	12,02%	123,96
					Ácido acético	0,50%	1,08%	11,19

Fuente. Elaboración propia.

6.5.5 Cristalizador

Se lleva la solución madre a 30 °C para que se produzca el precipitado de la glucosamina.

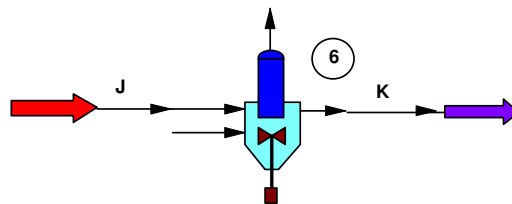


Figura 6.6. Esquema representativo de la cristalización.



Tabla 6.7. Balance de componentes para el cristalizador.

Balance de componentes del Cristalizador								
Equipo: C-01								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal máximo (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal máximo del componente (kg)	
J	Entrada	Solución madre	1031,34	HCl		0,26%	2,73	
				Glucosamina		11,44%	118,01	
				Agua		74,45%	767,82	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,14%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	0,60%	6,22
				Impurezas solubles	Glucosa	99,50%	12,02%	123,96
Ácido acético	0,50%	1,08%	11,19					
J'	Entrada	Agua fría	3000	Agua		100%	3000,00	
K	Salida	Solución madre	1031,34	HCl		0,26%	2,73	
				Glucosamina		11,44%	118,01	
				Agua		74,45%	767,81	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,14%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	0,60%	6,22
				Impurezas solubles	Glucosa	99,50%	12,02%	123,96
Ácido acético	0,50%	1,08%	11,19					
J''	Salida	Agua fría	3000	Agua		100%	3000,00	

Fuente. Elaboración propia.

6.5.6 Primera centrifuga

Se centrifuga para disminuir aún más el contenido de agua de la solución madre.

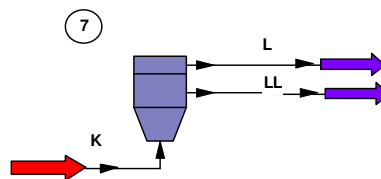


Figura 6.7. Esquema representativo de la centrifugación.



Consideraciones del proceso:

- El clorhidrato de glucosamina luego de la centrifugación se encuentra en estado sólido, por lo que se considera que la corriente de salida poseerá una humedad del 5%. (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- Se considera un 0,1% de pérdidas del clorhidrato de glucosamina y de las impurezas solubles.
- Las pérdidas de impurezas sólidas son despreciables.

Tabla 6.8. Balance de componentes para la centrífuga 1.

Balance de componentes de la Centrífuga 1								
Equipo: Ce-01								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente		Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
K	Entrada	Solución madre	1031,34	HCl			0,26%	2,73
				Glucosamina			11,44%	118,01
				Agua			74,45%	767,82
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,14%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	0,60%	6,22
				Impurezas solubles	Glucosa	99,50%	12,02%	123,96
Ácido acético	0,50%	1,08%	11,19					
L	Salida	Líquido de desecho	768,85	HCl			0,35%	2,68
				Glucosamina			0,02%	0,12
				Agua			98,19%	754,93
				Ácido acético			1,43%	11,00
				Glucosa			0,02%	0,12
LL	Salida	Crudo sólido	262,49	Glucosamina		95,00%	44,91%	117,89
				Impurezas sólidas	Quitina		0,54%	1,43
					Otras impurezas		2,37%	6,22
				Glucosa			47,18%	123,84
				Ácido acético		5,00%	0,07%	0,19
				Agua			4,91%	12,89
				HCl			0,02%	0,05

Fuente. Elaboración propia.

6.5.7 Purificador primario

El purificador primario es un tanque agitado y calefaccionado que trabaja a presión atmosférica. En este equipo se realiza la mezcla del crudo sólido,



proveniente de la etapa anterior, con agua y carbón activado para la decoloración del clorhidrato de glucosamina.

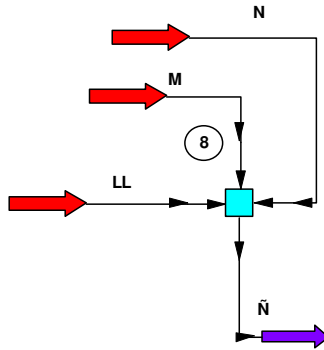


Figura 6.8. Esquema representativo del mezclado.

Consideraciones del proceso:

- El mezclado se realiza a 95°C , incorporado agua y carbón activado, en la relación en peso, crudo sólido: agua: carbón activado es 1:1:0,1 (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- El tiempo de mezclado es de 0,5 h, para su óptima decoloración (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- No se consideran pérdidas en esta etapa.



Tabla 6.9. Balance de componentes para el purificador primario.

Balance de componentes del Tanque Agitado								
Equipo: M-01								
Corriente	Entrada/Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente		Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
LL	Entrada	Crudo sólido	262,49	Glucosamina		95,00%	44,91%	117,89
				Impurezas sólidas	Quitina		0,54%	1,43
					Otras impurezas		2,37%	6,22
				Glucosa		47,18%	123,84	
				Ácido acético		5,00%	0,07%	0,19
				Agua			4,91%	12,89
				HCl			0,02%	0,05
M	Entrada	Agua desionizada	262,49	Agua desionizada			100%	262,49
N	Entrada	Carbón activado	26,25	Carbón activado			100%	26,25
Ñ	Salida	Producto semi-elaborado primario	551,22	Glucosamina			21,39%	117,89
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,26%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	1,13%	6,22
				Glucosa			22,47%	123,84
				Ácido acético			0,03%	0,19
				Agua			49,96%	275,38
				Carbón activado			4,76%	26,25
HCl			0,01%	0,05				

Fuente. Elaboración propia.

6.5.8 Segundo filtro

El objetivo de esta operación es eliminar las impurezas insolubles y el carbón activado.

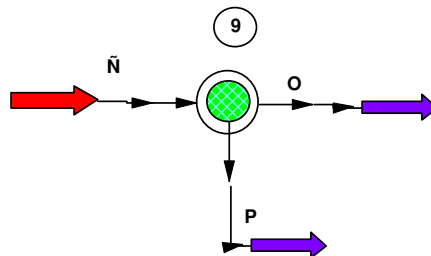


Figura 6.9. Esquema representativo de la filtración.



Consideraciones del proceso:

- Se considera una retención del 99% de las impurezas sólidas y del carbón activado y la pérdida de un 1% de del clorhidrato de glucosamina, glucosa y ácido acético.
- Se considera que el 95% del agua que entra se encuentra presente en la solución semi-acabada primaria.

Tabla 6.10. Balance de componentes para el filtro 2.

Balance de componentes del Filtro 2								
Equipo: FIL-02								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente		Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
Ñ	Entrada	Producto semi- elaborado primario	551,22	Glucosamina			21,39%	117,89
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,26%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	1,13%	6,22
				Glucosa			22,47%	123,84
				Ácido acético			0,03%	0,19
				Agua			49,96%	275,38
				Carbón activado			4,76%	26,25
P	Salida	Torta	49,75	HCl			0,01%	0,05
				Glucosamina			2,37%	1,18
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	2,84%	1,41
					Otras impurezas	81,36%	12,39%	6,16
				Glucosa			2,49%	1,24
				Ácido acético			0,00%	0,002
				Agua			27,68%	13,77
Carbón activado			52,24%	25,99				
O	Salida	Solución semi- acabada primaria	501,48	Glucosamina			23,27%	116,71
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,003%	0,01
					Otras impurezas	81,36%	0,01%	0,06
				Glucosa			24,45%	122,60
				Ácido acético			0,04%	0,19
				Agua			52,17%	261,61
				Carbón activado			0,05%	0,26
HCl			0,01%	0,05				

Fuente. Elaboración propia



6.5.9 Segundo intercambiador de calor

La solución semi-acabada primaria pasa por un intercambiador de calor para disminuir su temperatura a 35 °C.

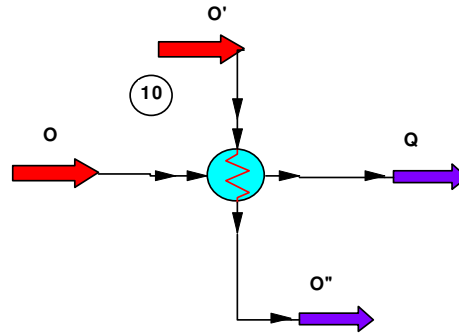


Figura 6.10. Esquema representativo del intercambiador de calor.

Tabla 6.11. Balance de componentes para el intercambiador de calor 2.

Balance de componentes del Intercambiador de calor 2								
Equipo: E-02								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)	
O	Entrada	Solución semi- acabada primaria	501,48	Glucosamina		23,27%	116,71	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,003%	0,01
					Otras impurezas	81,36%	0,01%	0,06
				Glucosa		24,45%	122,60	
				Ácido acético		0,04%	0,19	
				Agua		52,17%	261,61	
				Carbón activado		0,05%	0,26	
HCl		0,01%	0,05					
O'	Entrada	Corriente fría	1000	Agua		100%	1000,00	
Q	Salida	Solución semi- acabada primaria	501,48	Glucosamina		23,27%	116,71	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,00%	0,01
					Otras impurezas	81,36%	0,01%	0,06
				Glucosa		24,45%	122,60	
				Ácido acético		0,04%	0,19	
				Agua		52,17%	261,61	
				Carbón activado		0,05%	0,26	
HCl		0,01%	0,05					
O''	Salida	Agua fría	1000	Agua		100%	1000,00	

Fuente. Elaboración propia.



6.5.10 Segunda centrifuga

Se realiza la centrifugación para la obtención del producto semi-acabado primario.

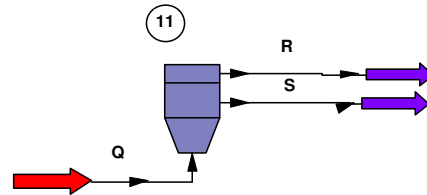


Figura 6.11. Esquema representativo de la centrifugación.

Consideraciones del proceso:

- El clorhidrato de glucosamina luego de la centrifugación se encuentra en estado sólido, por lo que se considera que la corriente de salida poseerá una humedad del 5%. (Bai, Wang, & Wang, 2013).
- Se considera un 0,1% de pérdidas del clorhidrato de glucosamina y de las impurezas sólidas.



Tabla 6.12. Balance de componentes para la centrífuga 2.

Balance de componentes de la Centrífuga 2											
Equipo: Ce-02											
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal máximo (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal máximo del componente (kg)				
Q	Entrada	Solución semi- acabada primaria	501,48	Glucosamina		23,27%	116,71				
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,003%	0,01			
					Otras impurezas	81,36%	0,01%	0,06			
								Glucosa		24,45%	122,60
								Ácido acético		0,04%	0,19
								Agua		52,17%	261,61
								Carbón activado		0,05%	0,26
				HCl		0,01%	0,05				
R	Salida	Líquido de desecho	249,48	Glucosamina		0,05%	0,12				
				Otras impurezas		0,00%	0,000				
				Glucosa		0,05%	0,12				
				Ácido acético		0,07%	0,18				
				Agua		99,81%	249,02				
				Carbón activado		0,00%	0,003				
				HCl		0,02%	0,046				
S	Salida	Producto semi- elaborado primario	251,99	Glucosamina	95,00%	46,27%	116,60				
				Otras impurezas		0,02%	0,06				
				Glucosa		48,60%	122,47				
				Carbón activado	0,10%	0,26					
				Ácido acético	5,00%	0,004%	0,01				
				Agua		5,00%	12,59				

Fuente. Elaboración propia.

6.5.11 Purificador secundario

El purificador secundario es un tanque agitado que trabaja a presión atmosférica. En este equipo los sólidos parcialmente secos se lavan con etanol, para eliminar los azúcares residuales indeseables. En esta etapa se precipita nuevamente el clorhidrato de glucosamina mientras que los azúcares indeseables permanecen en solución (Fosdick, Bohlmann, Trinkle, & Ray, 2010).

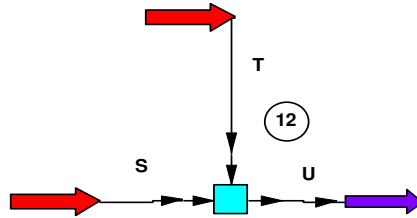


Figura 6.12. Esquema representativo del mezclado.

Consideraciones del proceso:

- La concentración de etanol es del 95%, ya que no es recomendable diluir el mismo debido a que el clorhidrato de glucosamina puede solubilizarse y perderse (Gandhi & Laidler, 2002).
- El lavado se realiza por 0,8 h y la relación en peso solución madre: etanol es 1:0,5 (Bai, Wang, & Wang, 2013).

Tabla 6.13. Balance de componentes para el purificador secundario.

Balance de componentes del Tanque Agitado							
Equipo: M-02							
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
S	Entrada	Producto semi- elaborado primario	251,99	Glucosamina	95,00%	46,27%	116,60
				Otras impurezas		0,02%	0,06
				Glucosa		48,60%	122,47
				Carbón activado		0,10%	0,26
				Ácido acético	5,00%	0,004%	0,01
				Agua		5,00%	12,59
T	Entrada	Alcohol	126,00	Etanol		95%	119,70
				Agua		5%	6,30
U	Salida	Producto semi- elaborado secundario	377,99	Glucosamina		30,85%	116,60
				Impurezas sólidas		0,02%	0,06
				Glucosa		32,40%	122,47
				Carbón activado		0,07%	0,26
				Ácido acético		0,00%	0,01
				Agua		5,00%	18,89
				Etanol		31,67%	119,70

Fuente. Elaboración propia.



6.5.12 Tercera centrifuga

Se centrifuga para eliminar el etanol, para así obtener el producto semi-acabado secundario.

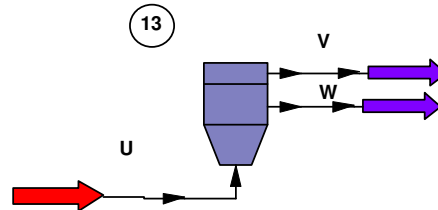


Figura 6.13. Esquema representativo de la centrifugación.

Consideraciones del proceso:

- Una pérdida de 0,1% de clorhidrato de glucosamina.
- El 99,9% del etanol y la glucosa se van con el líquido de desecho.
- Por la diferencia de densidades existente de los componentes de la corriente, se produce una mayor separación que en la centrifuga anterior, obteniéndose clorhidrato de glucosamina con un 3% de humedad.



Tabla 6.14. Balance de componentes para la centrífuga 3.

Balance de componentes de la Centrífuga 2							
Equipo: Ce-02*							
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
U	Entrada	Producto semi- elaborado secundario	377,99	Glucosamina		30,85%	116,60
				Impurezas sólidas		0,02%	0,06
				Glucosa		32,40%	122,47
				Carbón activado		0,07%	0,26
				Ácido acético		0,00%	0,01
				Agua		5,00%	18,89
				Etanol		31,67%	119,70
V	Salida	Líquido de desecho	255,04	Glucosamina		0,05%	0,12
				Impurezas sólidas		0,00%	0,00
				Glucosa		47,97%	122,35
				Carbón activado		0,0001%	0,00
				Ácido acético		0,004%	0,01
				Agua		5,09%	12,99
				Etanol		46,89%	119,58
W	Salida	Producto semi- acabado secundario	122,95	Glucosamina	95,00%	94,74%	116,48
				Impurezas sólidas		0,05%	0,06
				Carbón activado		0,21%	0,26
				Glucosa	5,00%	0,10%	0,12
				Ácido acético		0,00%	0,00
				Agua		4,80%	5,91
				Etanol		0,10%	0,12

*Por las condiciones de las soluciones, se adopta una sola centrífuga para procesar el producto semi-acabado primario y el producto semi-acabado secundario.

Fuente. Elaboración propia.

6.5.13 Equipo de secado

Se realiza el secado del producto semi-acabado secundario para obtener clorhidrato de glucosamina en polvo.

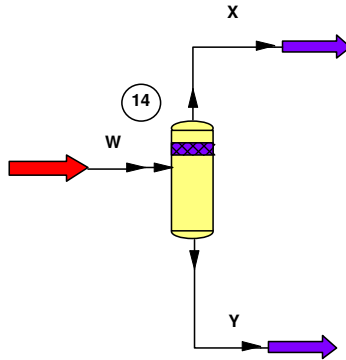


Figura 6.14. Esquema representativo del secador flash.

Consideraciones del proceso:

- Una pérdida de clorhidrato de glucosamina, glucosa e impurezas de 0,1%.
- Una evaporación de agua y etanol del 100%.

Tabla 6.15. Balance de componentes para la columna de secado.

Balance de componentes del Equipo de Secado							
Equipo: D-01							
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)
W	Entrada	Producto semi- acabado secundario	122,95	Glucosamina	95,00%	94,74%	116,48
				Impurezas sólidas		0,05%	0,06
				Carbón activado		0,21%	0,26
				5,00%	Glucosa	0,10%	0,12
					Ácido acético	0,00%	0,00
					Agua	4,80%	5,91
					Etanol	0,10%	0,12
X	Salida	Líquido evaporado	6,15	Glucosamina		1,89%	0,12
				Impurezas sólidas		0,001%	0,0001
				Carbón activado		0,004%	0,0003
				Glucosa		0,20%	0,01
				Agua		95,96%	5,91
				Etanol		1,95%	0,12
Y	Salida	Clorhidrato de glucosamina sólido	116,79	Glucosamina		99,63%	116,36
				Impurezas sólidas		0,05%	0,06
				Carbón activado		0,22%	0,26
				Glucosa		0,09%	0,11

Fuente. Elaboración propia.



6.5.14 Intercambiador de calor auxiliar

Como la producción de glucosamina se realiza en un proceso batch, es necesario contar con dos equipos auxiliares, un tanque para el almacenamiento de la solución que se debe guardar de un día para el otro y un intercambiador de calor para calentar esta solución hasta la temperatura deseada para llevarla a la siguiente etapa.

De acuerdo a la programación de la producción que se muestra en el Capítulo 9 (Tabla 9.5), se va almacenar en el tanque auxiliar, la solución de reacción que sale del reactor y el producto semi-acabado primario que sale del purificador primario, para luego pasar por el intercambiador de calor auxiliar. En las siguientes tablas se muestran los balances de masa para las dos soluciones mencionadas anteriormente.

Tabla 6.16. Balance de componentes para el intercambiador de calor 3 para la solución de reacción.

Primer balance de componentes del Intercambiador de calor 3								
Equipo: E-03								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)	
D'	Entrada	Solución de reacción	5008,44	Glucosamina		2,38%	119,20	
				HCl		23,83%	1193,51	
				Agua		50,14%	2511,23	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	3,82%	191,32
					Otras impurezas	81,36%	16,67%	834,91
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,66%	33,06
					Glucosa	79,11%	2,50%	125,21
D1	Entrada	Agua caliente	6000	Agua		100%	6000	
D	Salida	Solución de reacción	5008,44	Glucosamina		2,38%	119,20	
				HCl		23,83%	1193,51	
				Agua		50,14%	2511,23	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	3,82%	191,32
					Otras impurezas	81,36%	16,67%	834,91
				Impurezas solubles	Ácido acético	20,89%	0,66%	33,06
					Glucosa	79,11%	2,50%	125,21
D1'	Entrada	Agua caliente	6000	Agua		100%	6000	

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 6.17. Balance de componentes para el intercambiador de calor 3 para el producto semi-acabada primario.

Segundo balance de componentes del Intercambiador de calor 3								
Equipo: E-03								
Corriente	Entrada/ Salida	Nombre de la corriente	Caudal másico (kg)	Componente	Composición fraccional de la corriente	Composición fraccional	Caudal másico del componente (kg)	
Ñ'	Entrada	Producto semi- elaborado primario	551,22	Glucosamina		21,39%	117,89	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,26%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	1,13%	6,22
				Glucosa		22,47%	123,84	
				Ácido acético		0,03%	0,19	
				Agua		49,96%	275,38	
				Carbón activado		4,76%	26,25	
Ñ1	Entrada	Agua caliente	1000,00	Agua		100%	1000,00	
Ñ	Salida	Producto semi- elaborado primario	551,22	Glucosamina		21,39%	117,89	
				Impurezas sólidas	Quitina	18,64%	0,26%	1,43
					Otras impurezas	81,36%	1,13%	6,22
				Glucosa		22,47%	123,84	
				Ácido acético		0,03%	0,19	
				Agua		49,96%	275,38	
				Carbón activado		4,76%	26,25	
Ñ1'	Salida	Agua caliente	1000,00	Agua		100%	1000,00	

Fuente. Elaboración propia.

6.6 Balances de energía

Se tendrán en cuenta las etapas en las que se justifique un análisis de estas características, estas son:

- Intercambiadores de calor (3)
- Reactor
- Filtro
- Cristalizador
- Purificador primario
- Secado al vacío



- Tanque de almacenamiento auxiliar

Consideraciones generales:

- El Cp de la quitina se considera igual al de la celulosa debido a que tiene su estructura química muy similar (Salomón Marcillo & Vélez Alcívar, 2010-2011).
- El Cp de las impurezas sólidas es igual al Cp de la quitina.
- El Cp de la glucosamina se considera igual al de N- acetil glucosamina por poseer estructura química muy similar.
- Los Cp de la quitina y glucosamina se consideran constantes en los rangos de temperaturas utilizados en el balance.
- Las pérdidas de calor en cada etapa son despreciables, salvo que se indique lo contrario.

6.6.1 Primer intercambiador de calor

En esta etapa no hay cambios de composiciones ni de materia, pero si en la temperatura de la solución que aumenta de 25°C a 60°C.

Consideraciones:

- La velocidad de flujo es uniforme en todo el intercambiador.
- La corriente de entrada tienen una temperatura de ingreso constante.

Tabla 6.18. Balance de energía del primer intercambiador de calor.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg°C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Ácido clorhídrico	HCl	1213,60	25	60			6,70	8128,95	(Chemcad 6.1)	
	Agua	2253,80	25	60			36,68	82669,71		
								Qa	90798,66	
Vapor de agua	Agua	168,21	100	100		539,79		90798,66	(Perry, 2001)	

Fuente. Elaboración propia.

6.6.2 Reactor

En el reactor se llevan a cabo las reacciones para la producción de la glucosamina.



Consideraciones:

- No se produce la evaporación del agua a la temperatura en la que se lleva a cabo la reacción debido a la concentración de soluto no volátil en la solución.
- Las impurezas tienen el mismo Cp de la quitina.
- La temperatura de entrada de la biomasa desechada de la producción de ácido cítrico es de 25°C.
- La temperatura se mantiene uniforme en todo el reactor.
- El flujo dentro del reactor es homogéneo.

Como se muestra en la Tabla 6.14, con los calores de formación de cada compuesto que interviene en las reacciones se calculó la entalpía total de reacción, para luego poder realizar el balance de energía de la etapa, el cual se puede observar en la Tabla 6.15.

Tabla 6.19. Entalpías de formación y reacción.

Sustancias	ΔH_f (kcal/kg)	Masa reaccionante (kg)
Agua (r1)	-3795,27	9,95
Agua (r2)		9,95
Ácido acético	-1927,17	33,16
HCl	-605,05	20,13
Quitina	1413,2	112,21
n-acetilglucosamina	-23,05	122,15
Glucosamina	-23,05	119,06

ΔH_{r1}	-123639,04
ΔH_{r2}	-13897,27
ΔH_{total}	-137536,3089

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 6.20. Balance de energía del reactor.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa no reaccionante (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente
Ácido clorhídrico	HCl	1193,47	60	105			12,55	14983,42	(Chemcad 6.1)
	Agua	2233,90	60	105			48,35	107998,512	Chemcad/Perry
Residuos de ácidos cítrico	Agua	277,39	25	105			85,11	23608,0178	Chemcad/Perry
	Quitina	191,07	25	105	0,32		25,60	4891,30965	(Perry, 2001)
	Impurezas	960,39	25	105	0,32		25,60	24585,98	(Perry, 2001)
								Q no reac	176067,24

Compuestos	Masa reaccionante (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente
HCl	20,13	60	25			-18,14	-365,21	(Chemcad 6.1)
Agua	19,90	60	25			-13,55	-269,51	
							Qa	-634,72

Compuestos	Masa producto (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente
Glucosamina	119,06	25	105	0,539		43,12	5133,93	(Perry, 2001)
Ácido acético	33,16	25	105			42,58	1412,12	(Chemcad 6.1)
							Qp	6546,06
							Qtotal	44442,27

Vapor de agua	Agua	1248,38	130	110	1,78			-44442,27	(Perry, 2001)
---------------	------	----------------	-----	-----	------	--	--	-----------	---------------

Fuente. Elaboración propia.

6.6.3 Filtro

Al lavar la torta con agua fría se produce una disminución de temperatura de la solución filtrada.

Consideraciones:

- La solución de reacción, que es el producto obtenido de la hidrólisis, entra al filtro a 60 °C, luego de pasar por el intercambiador auxiliar.



- Luego realizar la filtración, se procede a lavar la torta con agua, la cual se encuentra a 25 °C.
- La temperatura de la solución madre disminuye debido al ingreso de la masa de agua de lavado.
- Los Cp de las sustancias involucradas en esta etapa se consideran constantes, para la determinación de la temperatura de salida del filtro.

Tabla 6.21. Balance de energía del primer filtro.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp (kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Solución de reacción	Glucosamina	119,20	60	50,63	0,192		214,39	(Perry, 2001)	
	HCl	1193,51	60	50,63	0,539		6026,16	(Swenson, Ziemer, Blodgett, Jones, & Woolley)	
	Agua	2511,23	60	50,63	1,00		23524,06	(Perry, 2001)	
	Impurezas sólidas	Quitina	191,32	60	50,63	0,32		573,51	(Perry, 2001)
		Otras impurezas	834,91	60	50,63	0,32		2502,73	(Perry, 2001)
	Impurezas solubles	Ácido acético	33,06	60	50,63	0,522		161,64	(Perry, 2001)
		Glucosa	125,21	60	50,63	0,152		178,28	(Chemcad 6.1)
Q							33180,76		

Líquido de lavado	Agua	1294,48	25	50,63	1,00		33180,68	(Perry, 2001)
-------------------	------	---------	----	-------	------	--	----------	---------------

Fuente. Elaboración propia.

6.6.4 Evaporador

El filtrado madre se concentra en un evaporador, que utiliza bajas presiones para que se produzca la evaporación de las sustancias líquidas.

El balance de energía es calculado en el software Chemcad 6.1, para ello, el equipo se representa mediante un intercambiador de calor que pre-calienta la solución, que ingresa a 50,60 °C, hasta los 80 °C; y una columna flash, la cual trabaja a vacío, evaporando las sustancias líquidas a bajas temperaturas.

Consideraciones:

- Se considera de que las condiciones del evaporador permiten que se no se pierda nada de glucosamina.



- Como ya se mencionó anteriormente, la solución filtrada ingresa al evaporador a 50,60 °C y alcanza una tempera igual a la temperatura de 80 °C.

Tabla 6.22. Balance de energía del intercambiador de calor que compone el evaporador.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal / kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Filtrado madre	Agua	3552,99	50,63	80	0,21		68,93	346000	(Chemcad 6.1)	
	Glucosamina	118,01								
	HCl	1181,58								
	Impurezas sólidas	Quitina								1,91
		Otras impurezas								8,35
	Impurezas solubles	Ácido acético								32,73
Glucosa		123,96								
Q								346000		
Vapor	Agua	2000,00	100	100			-173,00	-346000	(Chemcad 6.1)	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 6.23. Balance de energía de la columna flash que compone el evaporador.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/ kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Solución madre	HCl	2,73	80	80			4267,20	4401000	(Chemcad 6.1)	
	Glucosamina	118,01								
	Agua	767,82								
	Impurezas sólidas	Quitina								1,43
		Otras impurezas								6,22
	Impurezas solubles	Glucosa								123,96
Ácido acético		11,19								
Desecho	Agua	2785,17	80	80			2727,24	10876700	(Chemcad 6.1)	
	Impurezas sólidas	Quitina								0,49
		Otras impurezas								2,12
	HCl	1178,85								
	Ácido acético	21,54								
Qa								15277700		
Agua fría	Agua	193389	1	80	1,00			-15277700	(Chemcad 6.1)	

Fuente. Elaboración propia.



6.6.5 Cristalizador

La finalidad del cristalizador es disminuir la temperatura de la corriente que sale del evaporador para que se produzca la cristalización de las partículas de glucosamina.

Consideraciones:

- La velocidad de flujo de la solución es uniforme en todo el cristalizador.
- La corriente de entrada tienen una temperatura de ingreso constante.
- En el cristalizador la temperatura baja de 80 °C a 30 °C.

Tabla 6.24. Balance de energía del cristalizador.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp (kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Solución madre	HCl	2,73	80	30			-9,56	-26,0895541	(Chemcad 6.1)	
	Glucosamina	118,01	80	30	0,539			-3180,37	(Swenson, Ziemer, Blodgett, Jones, & Woolley)	
	Agua	767,82	80	30			-52,74	-40498,52	(Chemcad 6.1)	
	Impurezas sólidas	Quitina	1,43	80	30	0,32			-22,88	(Perry, 2001)
		Otras impurezas	6,22	80	30	0,32			-99,52	(Perry, 2001)
	Impurezas solubles	Glucosa	123,96	80	30	0,152		-15,95	-1976,60	(Chemcad 6.1)
		Ácido acético	11,19	80	30			-26,00	-290,98	(Chemcad 6.1)
Q								-46094,96		
Corriente fría	Agua	3000	10	25,36	1,00			46094,96	(Perry, 2001)	

Fuente. Elaboración propia.

6.6.6 Purificador primario

El equipo es un tanque enchaquetado, el cual utiliza vapor para calentar la mezcla formada.

Consideraciones:

- El carbón activado tiene las mismas propiedades del carbono.
- La temperatura se mantiene uniforme en todo el tanque.
- El flujo dentro del purificador es homogéneo.
- No existen cambios en las propiedades físicas de los fluidos.



- Las pérdidas de calor son despreciables.
- En la centrífuga, que es el equipo anterior se produce una pérdida de temperatura del crudo de 5 °C.

Tabla 6.25. Balance de energía del purificador primario.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp (kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente
Crudo sólido	Glucosamina	117,89	25	95	0,539			4448,03	(Swenson, Ziemer, Blodgett, Jones, & Woolley)
	Impurezas sólidas	Quitina	1,43	25	95	0,32		31,95	(Perry, 2001)
		Otras impurezas	6,22	25	95	0,32		139,43	(Perry, 2001)
	Glucosa	123,84	25	95			22,66	2805,82	(Chemcad 6.1)
	Ácido acético	0,19	25	95			36,84	6,92	(Chemcad 6.1)
	Agua	12,89	25	95			74,12	955,55	(Chemcad 6.1)
	HCl	0,05	25	95			13,38	0,67	(Chemcad 6.1)
Agua desionizada	Agua desionizada	262,49	25	95			74,12	19456,25	(Chemcad 6.1)
Carbón activado	Carbón activado	26,25	25	95			13,47	353,62	(Chemcad 6.1)
Q								28198,24	
Vapor	Agua	633,67	130	105	1,78			-28198,24	(Perry, 2001)

Fuente. Elaboración propia.

6.6.7 Segundo intercambiador de calor

La finalidad de este intercambiador es disminuir la temperatura de la corriente que sale del filtro a 30 °C, para lograr una correcta centrifugación.

Consideraciones:

- La corriente que sale del purificador primario no pierde calor al pasar por el filtro, por lo que la temperatura se mantiene a 95 °C.
- La velocidad de flujo de la solución es uniforme en todo el intercambiador.
- La corriente de entrada tienen una temperatura de ingreso constante.



Tabla 6.26. Balance de energía del segundo intercambiador de calor.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Solución semi-acabada primaria	Glucosamina	116,71	60	30	0,02		84,35	42300,00	(Chemcad 6.1)	
	Impurezas sólidas	Quitina								0,01
		Otras impurezas								0,06
	Glucosa	122,60								
	Ácido acético	0,19								
	Agua	261,61								
	Carbón activado	0,26								
	HCl	0,05								
Q								42300,00		

Corriente fría	Agua	1000	10	20,71			-42,3	-42300,00	(Chemcad 6.1)
----------------	------	------	----	--------------	--	--	-------	-----------	---------------

Fuente. Elaboración propia.

6.6.8 Equipo de secado

El equipo de secado se emplea para eliminar las sustancias líquidas de los cristales de glucosamina.

Consideraciones:

- Las pérdidas en esta etapa se consideran despreciables.

Tabla 6.27. Balance de energía del equipo de secado.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp (kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente
Producto semi-acabado secundario	Glucosamina	116,48	30	60	0,54		26,56	3094,01	(Swenson, Ziemer, Blodgett, Jones, & Woolley)
	Impurezas sólidas	0,06	30	60	0,32			0,60	(Perry, 2001)
	Carbón activado	0,26	30	60			1,80	0,47	(Chemcad 6.1)
	Glucosa	0,12	30	60	0,152		9,28	0,56	(Chemcad 6.1)
	Agua	5,91	30	60			31,47	185,83	(Chemcad 6.1)
	Etanol	0,12	30	60			18,81	2,25	(Chemcad 6.1)
Q								3283,71	

Fuente. Elaboración propia.



6.6.9 Intercambiador de calor auxiliar

En este equipo se calientan dos soluciones, las cuales fueron nombradas en el balance de masa. Las mismas aumentan su temperatura de 8°C a 60°C.

Consideraciones:

- La velocidad de flujo es uniforme en todo el intercambiador.
- La corriente de entrada tienen una temperatura de ingreso constante.

Tabla 6.28. Balance de energía del intercambiador de calor auxiliar para la solución de reacción.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Solución de reacción	Glucosamina	119,20	8	60	0,018		63,29	317000	(Chemcad 6.1)	
	HCl	1193,51								
	Agua	2511,23								
	Impurezas sólidas	Quitina								191,32
		Otras impurezas								834,91
	Impurezas solubles	Ácido acético								33,06
Glucosa		125,21								
								Qa	317000	
Agua caliente	Agua	6000	90	37,22			-52,83	-317000	(Chemcad 6.1)	

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 6.29. Balance de energía del intercambiador de calor auxiliar para el producto semi-acabada primario.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Producto semi-elaborado primario	Glucosamina	117,89	8	60	0,02		48,25	26600	(Chemcad 6.1)	
	Impurezas sólidas	Quitina								1,43
		Otras impurezas								6,22
	Glucosa	123,84								
	Ácido acético	0,19								
	Agua	275,38								
	Carbón activado	26,25								
	HCl	0,05								
							Qa	26600		
Agua caliente	Agua	1000,00	95	68,49			-26,60	-26600	(Chemcad 6.1)	

Fuente. Elaboración propia.

6.6.10 Tanque de almacenamiento auxiliar

En este tanque auxiliar se almacenan las soluciones que se deben guardar de un día para el otro.

Como ya se mencionó anteriormente, se va almacenar en el tanque auxiliar, la solución de reacción que sale del reactor y el producto semi-elaborado primario que sale del purificador primario. En las siguientes tablas se muestran los balances de energía para mantener las soluciones antes mencionadas a una temperatura de 8 °C durante el tiempo requerido para pasar a la otra etapa del proceso.



Tabla 6.30. Balance de energía del tanque de almacenamiento auxiliar para la solución de reacción.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp(kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Solución de reacción	Glucosamina	119,20	100	8	0,539			-5910,94	(Swenson, Ziemer, Blodgett, Jones, & Woolley)	
	HCl	1193,51	100	8			-17,58	-20987,33	(Chemcad 6.1)	
	Agua	2511,23	100	8			-97,25	-244223,36	(Chemcad 6.1)	
	Impurezas sólidas	Quitina	191,32	100	8	0,32			-5632,54	(Perry, 2001)
		Otras impurezas	834,91	100	8	0,32			-24579,69	(Perry, 2001)
	Impurezas solubles	Ácido acético	33,06	100	8			-47,91	-1583,79	(Chemcad 6.1)
		Glucosa	125,21	100	8			-29,25	-3662,56	(Chemcad 6.1)
Q								-306580,20		
Agua fría	Agua	43797,17	1	8	1,00			306580,20	(Perry, 2001)	

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 6.31. Balance de energía del tanque de almacenamiento auxiliar para el producto semi-acabada primario.

Nombre de la corriente	Compuestos	Masa (kg)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp (kcal/kg °C)	λ (kcal/kg)	ΔH (kcal/kg)	Q (kcal)	Fuente	
Producto semi-elaborado primario	Glucosamina	117,89	95	8	0,539			-5528,26	(Swenson, Ziemer, Blodgett, Jones, & Woolley)	
	Impurezas sólidas	Quitina	1,43	95	8	0,32			-39,71	(Perry, 2001)
		Otras impurezas	6,22	95	8	0,32			-173,30	(Perry, 2001)
	Glucosa	123,84	95	8			-27,45	-3399,73	(Chemcad 6.1)	
	Ácido acético	0,19	95	8			-45,06	-8,46	(Chemcad 6.1)	
	Agua	275,38	95	8			-91,82	-25285,08	(Chemcad 6.1)	
	HCl	0,05	95	8			-16,63	-0,83	(Chemcad 6.1)	
	Carbón activado	26,25	95	8			-16,20	-425,20	(Chemcad 6.1)	
Q								-34860,57		
Agua fría	Agua	4980,08	1	8	1,00			34860,57	(Perry, 2001)	

Fuente. Elaboración propia.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N° 7: Diseño y adopción de equipos

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



7.1 Introducción

En el presente capítulo se detallan las características de cada uno de los equipos involucrados en el proceso de producción de glucosamina. Además, se describen sus formas y dimensiones. En algunos casos, se calculan los parámetros principales que los representan. En otros se realiza la adopción del equipo disponible en el mercado que mejor se adapte a los requerimientos que se establecen.

El criterio utilizado para seleccionar entre los equipos que se diseñaron y los que se especificaron o adoptaron, son los siguientes:

- Se diseñaron todos los equipos de características especiales, es decir, aquellos que son específicos para el proceso de producción de glucosamina.
- Fueron especificados aquellos equipos de características generales, comunes en la industria de procesos y disponibles en el mercado.

En la Tabla 7.1 se presenta la lista de todos los equipos involucrados en el proceso, indicándose en cada caso, cantidad necesaria y si el mismo fue adoptado o diseñando.

Tabla 7.1. Listado de equipos de proceso.

Codificación	Nombre	Cantidad	Diseño/Adopción
De T-01 a T-04	Tanque de almacenamiento	4	Diseño/Adopción
E-01 a E-03	Intercambiador de calor	3	Diseño
De B-01 a B-012	Bomba	12	Adopción
R-01	Reactor	1	Diseño
FIL-01 y FIL-02	Filtro	2	Adopción
C-01	Cristalizador	1	Diseño
E-04	Evaporador	1	Diseño
Ce-01 a Ce-02	Centrífuga	3	Adopción
M-01 y M-02	Purificador	2	Diseño
D-01	Secado	1	Adopción
X-01	Tornillo sinfín	1	Adopción
En-01	Envasadora	1	Adopción
A-01	Sistema de limpieza CIP	1	Adopción

Fuente. Elaboración propia.



7.2 Diseño de equipos

7.2.1 Intercambiador de calor (E-01)

El equipo se utiliza para el calentamiento de ácido clorhídrico al 35% hasta 60 °C, para el ingreso, con esa temperatura, hacia el reactor.

Para el diseño de todos los intercambiadores presentes en el proceso, se emplea el simulador ChemCAD.

El intercambiador de calor diseñado en este caso es de tubo y coraza con flujo a contracorriente, en el cual el fluido que ingresa por los tubos es ácido clorhídrico con una concentración de 35% y por la coraza ingresa el vapor de agua, como fluido calefaccionante.

Los datos del equipo se presentan en las siguientes Tablas.

Tabla 7.2. Condiciones de operación del intercambiador de calor (E-01).

Condiciones de operación		
	Coraza	Tubos
Tipo de Fluido	Fluido caliente	Fluido frío
Flujo másico (kg/h)	200	3467,38
Caída de presión (atm)	0,27	0,06
Temperatura de entrada (°C)	100	25
Temperatura de salida (°C)	100	60
Coefficiente de película (kcal/h.m².°C)	12751,68	2803,62
MLDT (°C)	55,51	
Área efectiva de transferencia (m²)	2,03	
Área requerida (m²)	1,70	
U calculado (kcal/h.m².°C)	784649,15	
U de servicio	659137,15	
Calor calculado (kcal/h)	88360	
Calor especificado(kcal/h)	74226	
Exceso (%)	19,04	
Factor de obstrucción (h.m².°C/cal)	2,048.10 ⁻⁷	

Fuente. ChemCAD 6.1.3.



Tabla 7.3. Características del diseño del intercambiador de calor (E-01).

Características	
Coraza	Tubos
Diámetro interno: 15,24 cm	Diámetro interno: 1,575 cm
Número de deflectores: 22	Diámetro externo: 1,905 cm
Espacio entre deflectores: 0,061 m	Número: 20
Tipo de deflector: segmentación simple	Longitud: 1,83 m
Corte de deflector: 17 %	Arreglo: TRI60
Pasos: 1	Paso: 0,024 m
	Pasos: 2

Fuente. ChemCAD 6.1.3.

7.2.2 Intercambiador de calor (E-02)

El equipo se emplea para enfriar la corriente de salida del segundo filtro del proceso, la cual se encuentra a 60 °C, con el fin de disminuir la temperatura a 30°C y permitir de esta manera un correcto centrifugado.

El intercambiador de calor diseñado en este caso es de tubo y coraza con flujo a contracorriente, en el cual el fluido que ingresa por los tubos es la corriente del proceso y por la coraza circula el fluido refrigerante.



Los datos del equipo se presentan en las siguientes Tablas.

Tabla 7.4. Condiciones de operación del intercambiador de calor (E-02).

Condiciones de operación		
	Coraza	Tubos
Tipo de Fluido	Fluido frío	Fluido caliente
Flujo másico (kg/h)	1600	501,49
Caída de presión (atm)	0,04	0,02
Temperatura de entrada (°C)	10	60
Temperatura de salida (°C)	16,7	30
Coefficiente de película (kcal/h.m².°C)	304,83	1504,49
MLDT (°C)	30,17	
Área efectiva de transferencia (m²)	1,92	
Área requerida (m²)	1,67	
U calculado (kcal/h.m².°C)	213,39	
U de servicio	185,25	
Calor calculado (kcal/h)	12373,75	
Calor especificado(kcal/h)	10741,96	
Exceso (%)	15,19	
Factor de obstrucción (h.m².°C/cal)	2.048.10 ⁻⁴	

Fuente. ChemCAD 6.1.3.

Tabla 7.5. Características del diseño del intercambiador de calor (E-02).

Características	
Coraza	Tubos
Diámetro interno: 15,24 cm	Diámetro interno:1,575 cm
Número de deflectores: 20	Diámetro externo:1,905 cm
Espacio entre deflectores: 5,08 m	Número: 23
Tipo de deflector: segmentación simple	Longitud: 1,52 m
Corte de deflector: 15 %	Arreglo: TRI60
Pasos: 2	Paso: 2,38 m
	Pasos: 1

Fuente. ChemCAD 6.1.3.



7.2.3 Intercambiador de calor auxiliar (E-03)

El intercambiador de calor auxiliar, se emplea para calentar el producto obtenido del reactor antes de comenzar la segunda etapa del proceso de elaboración, y antes de la tercera etapa de elaboración para calentar la corriente de salida del mezclador para el ingreso al filtro el día siguiente, ya que, por una cuestión de distribución de tiempos, el proceso se realiza en cinco etapas; y por el análisis de costos se decide emplear el mismo intercambiador para ambos casos.

Este intercambiador de calor tendrá la función de elevar la temperatura de 25°C a 60°C para llevar a cabo un correcto filtrado.

Se diseña un intercambiador de tubo y coraza con flujo a contracorriente, en el cual el fluido que ingresa por los tubos es la corriente del proceso y por la coraza circula el fluido calefaccionante.

Los cálculos se realizan teniendo en cuenta los caudales de la corriente de salida del reactor, por ser esta la corriente de mayor caudal. Los datos del equipo se presentan en las siguientes Tablas.

Tabla 7.6. Condiciones de operación del intercambiador de calor (E-03).

Condiciones de operación		
	Coraza	Tubos
Tipo de Fluido	Fluido caliente	Fluido frío
Flujo másico (kg/h)	5000	5008,45
Caída de presión (atm)	0,03	0,21
Temperatura de entrada (°C)	90	25
Temperatura de salida (°C)	38,5	60
Coeficiente de película (kcal/h.m ² .°C)	4457,18	8429,17
MLDT (°C)	17,18	
Área efectiva de transferencia (m ²)	16,02	
Área requerida (m ²)	13,84	
U calculado (kcal/h.m ² .°C)	1261,94	
U de servicio	1090,43	
Calor calculado (kcal/h)	298523,59	
Calor especificado(kcal/h)	257952,18	
Exceso (%)	15,73	
Factor de obstrucción (h.m ² .°C/cal)	1.761.10 ⁻⁴	

Fuente. ChemCAD 6.1.3.



Tabla 7.7. Características del diseño del intercambiador de calor (E-03).

Características	
Coraza	Tubos
Diámetro interno: 25 cm	Diámetro interno: 1,575 cm
Número de deflectores: 35	Diámetro externo: 1,905 cm
Espacio entre deflectores: 0,05 m	Número: 77
Tipo de deflector: segmentación simple	Longitud: 3,36 m
Corte de deflector: 15 %	Arreglo: TRI60
Pasos: 2	Paso: 0,02 m
	Pasos: 1

Fuente. ChemCAD 6.1.3.

7.2.4 Reactor (R-01)

El reactor es un recipiente cerrado enchaquetado con agitación, opera a una presión (p) de 3 atm y a temperatura (T) de 105°C. Bajo estas condiciones el tiempo de reacción es de 5 h. Teniendo en cuenta la cinética, en dicho tiempo se logra una conversión del 37% de glucosamina. Los cálculos correspondientes a la cinética de la reacción se encuentran detallados en el Anexo I.

El proceso de elaboración será batch. En cada batch se procesan 5008,45 kg. Para el cálculo del volumen del reactor se emplea la densidad de la solución de salida del reactor, ya que la misma presenta menor densidad que la solución de entrada, lo que implica un mayor volumen. En la Tabla 7.8 se especifican las densidades de la solución a la entrada y a la salida del reactor.

Tabla 7.8. Densidades a la entrada y a la salida del reactor (R-01)

Densidad de la solución de entrada	1079,05 kg/m³
Densidad de la solución de salida	973,28 kg/m³

Fuente. Elaboración propia en base a densidades extraídas de Perry.

Considerando que el reactor para la producción de glucosamina se comporta como un reactor de flujo mezcla perfecta, y la cinética de la reacción es de primer orden, se tiene que el tiempo espacial es:

$$t = \frac{C_{A0} \cdot X_A}{-r_A} = \frac{C_{A0} - C_A}{-k \cdot C_A}$$



Donde:

t: Tiempo espacial de reacción

r_A : Velocidad de reacción

C_{A0} : Concentración inicial de quitina

C_A : Concentración final de quitina

X_A : Conversión alcanzada

k: Coeficiente cinético de reacción

Los datos obtenidos de esta ecuación se especifican en la Tabla 7.9.

Tabla 7.9. Parámetros para el reactor flujo
mezcla perfecta.

Parámetros	Valor
T	105 °C
P	3 atm
C_{A0}	0,174 mol/l
C_A	0,091 mol/l
X_A	0,37
k	0,092 s ⁻¹

Fuente. Elaboración propia.

7.2.4.1 Cálculo del volumen del reactor

Para el cálculo del volumen del reactor se emplea la siguiente expresión obtenida de despejar la ecuación de densidad:

$$V = \frac{m}{\delta}$$

Donde:

V: Volumen del reactor

m: Masa

δ : Densidad

Por lo tanto, el volumen del reactor es $V = 5,15 \text{ m}^3$. Considerando un factor de seguridad de sobrediseño del 20 % (Peters & Timmerhaus, 1991), el volumen del reactor empleado debe ser $V = 6,17 \text{ m}^3$.

7.2.4.2 Cálculo de las dimensiones del reactor

El cuerpo del reactor es cilíndrico y, la tapa y el fondo tiene forma elipsoidal. De acuerdo a esto, sus dimensiones se determinan de la siguiente ecuación (Perry, 2001).

$$V = V_C + 2 \cdot V_e$$



Por lo que, la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L_C + \pi \cdot \frac{D^3}{12}$$

Donde:

V_C : Volumen del cilindro

V_e : Volumen del fondo

D: Diámetro del tanque

L_C : Longitud del tanque

Para el cálculo de la longitud del tanque se supone un diámetro $D = 1,80$ m. Con este valor supuesto se procede a calcular esta longitud, la cual es $L_C = 1,82$ m.

A este valor se le suma la longitud de la tapa y el fondo, la cual se expresan de la siguiente manera (Perry, 2001):

$$L_e = \frac{D}{4}$$

Donde:

L_e : longitud del fondo

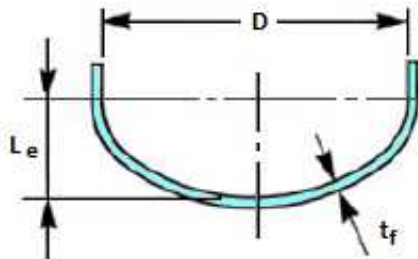


Figura 7.1. Dimensiones de la tapa y el fondo elipsoidal.

La longitud de la tapa y el fondo es $L_e = 0,45$ m. Por lo que la longitud total del tanque es $L_T = 2,72$ m. Para corroborar que las dimensiones del reactor sean las adecuadas, se calcula la relación de esbeltez del mismo, utilizando la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{L_T}{D} \quad 1,0 \leq \varepsilon \leq 2,0$$

Obteniéndose una relación de esbeltez $\varepsilon = 1,5$. La misma está dentro de los parámetros normalmente utilizados en equipos de estas características.

7.2.4.3 Cálculo del espesor de las paredes

El espesor del cuerpo cilíndrico, de la tapa y del fondo del reactor se determina según los requisitos expuestos en el código ASME (American Society of Mechanical Engineers) para recipientes a presión. En el cálculo de los



espesores requeridos para los cuerpos y para los cabezales, el radio interior se toma excluyendo el sobreespesor por corrosión. De ese modo se puede garantizar que el recipiente cumplirá los requisitos aún en la etapa final de la vida útil cuando esté corroído.

El espesor requerido para el cuerpo cilíndrico es función de la presión interior y puede calcularse a partir del radio interno del recipiente, con la siguiente ecuación:

$$t_r = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

El espesor requerido para la tapa y el fondo elíptico puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$t_f = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P}$$

Donde:

P: Presión interior del diseño (presión manométrica)

R: Radio interior

D: Diámetro interior

S: Tensión máxima admisible

E: Eficiencia de la junta en las soldaduras

Tabla 7.10. Parámetros para el cálculo del espesor del Cuerpo, de la tapa y el fondo del reactor.

Parámetro	Valor
P	3,099 kg/cm ²
D	180 cm
R	90 cm
S	1733 kg/cm ²
E	0,85
t _r	0,189 cm
t _f	0,169 cm

Fuente. Elaboración propia.

El material de construcción seleccionado es acero inoxidable AISI 304 de espesor estándar de 2 mm que posee una carga de ruptura de 2600 kg/cm², debido a su muy buena resistencia mecánica bajo las condiciones de operación y a su resistencia a la corrosión.



7.2.4.4 Cálculo del sistema de agitación

El sistema de agitación se utiliza para realizar la mezcla de líquidos de similares densidades, usando una velocidad de agitación de 300 a 800 rev/min (Xiaoling, Zhi, & Zhi, 2013). Se considera para el cálculo una velocidad de agitación promedio de 550 rev/min.

Por las razones antes mencionadas, se selecciona para el sistema un agitador de turbina abierta de seis palas planas. Este tipo de turbinas producen un flujo radial dentro del reactor.

Las proporciones típicas para un rodete de estas características son las siguientes (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$\frac{D_s}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{E}{D_s} = 1$$

$$\frac{W}{D_s} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{D_s} = \frac{1}{4}$$

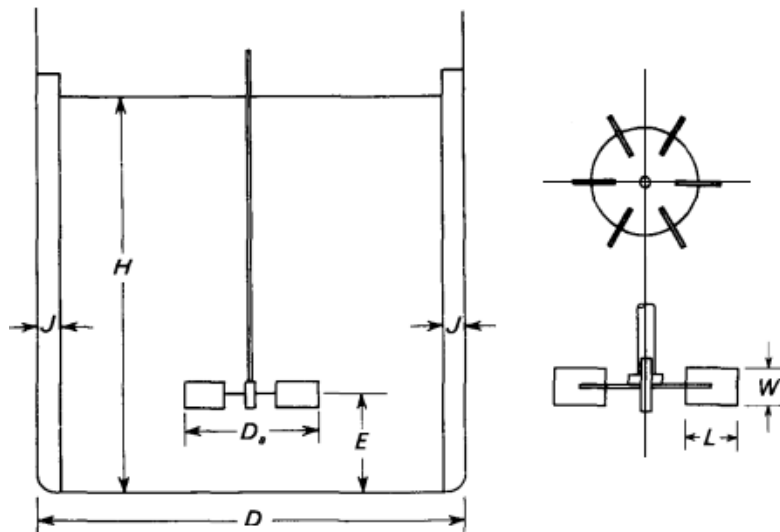


Figura 7.2. Medidas de un reactor con agitador de turbina abierta plana.



Donde:

D_s : Diámetro del agitador

J: Ancho de las placas deflectoras

E: Altura del rodete sobre el fondo del tanque

W: Ancho de las palas del rodete

L: Longitud de las palas del rodete

H: Altura del líquido

Tabla 7.11. Parámetros característicos del sistema de agitación.

Parámetro	Valor
D	1,80 m
D_s	0,60 m
J	0,18 m
E	0,60 m
W	0,12 m
L	0,15 m
H	2,02 m

Fuente. Elaboración propia.

7.2.4.5 Cálculo de la potencia necesaria para el sistema de agitación

Para calcular la potencia consumida por el sistema de agitación se debe determinar el régimen en el cual se trabaja, que viene dado por la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$N_{Re} = \frac{n \cdot D_s^2 \cdot \delta}{\mu}$$

Donde:

N_{Re} : Número de Reynolds

n: Velocidad de giro

δ : Densidad de la mezcla

μ : Viscosidad de la mezcla

Tabla 7.12. Parámetros para el cálculo del número de Reynolds.

Parámetro	Valor
n	9,17 rps
δ	973,28 kg/m ³
μ	0,027 kg/m.s
N_{Re}	118.999

Fuente. Elaboración propia.



Como el N_{Re} es superior a 10.000, la función de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. En este intervalo el flujo es completamente turbulento, por lo cual la potencia del sistema de agitación se determina con la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_s^5 \cdot \delta}{g_c}$$

Donde:

P: Potencia suministrada al sistema de agitación

K_T : Constante de la ecuación

g_c : Factor de conversión de la ley de Newton

Tabla 7.13. Parámetros para el cálculo de la potencia suministrada al sistema de agitación.

Parámetro	Valor
g_c	9,81 kg.m/kgf.s ²
K_T	6,30
P	367,53 kW

Fuente. Elaboración propia.

El reactor va a estar provisto de cuatro placas deflectoras situadas en la pared y con un ancho igual al 10 % del diámetro del reactor (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

7.2.4.6 Cálculo de las dimensiones de la chaqueta

La energía necesaria para el funcionamiento del reactor proviene del vapor sobrecalentado que circula por la camisa. Como se menciona en el balance de energía realizado en el Capítulo 6, la masa de vapor necesaria para mantener la temperatura de la solución reaccionante es de 1248,38 kg/h, que representa un volumen de 110,09 m³ a 3 atm de presión.

Primero, se realiza una estimación del espesor de la chaqueta de 0,1 m, para luego poder realizar los cálculos relacionados con el área de transferencia y la altura de la misma.

Para el cálculo de las dimensiones de la camisa se procede a calcular la temperatura media logarítmica del equipo (Kern, 1999). Las unidades utilizadas en los siguientes cálculos son unidades inglesas, para poder trabajar correctamente con las tablas y figuras que se representan en el libro.



$$\Delta T_{ML} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

Tabla 7.14. Temperaturas de la mezcla y del fluido calefaccionante.

Condiciones de operación	
Tanque	Chaqueta
Fluido frío	Fluido caliente
t ₁ = 77 °F	T ₁ = 248 °F
t ₂ = 221 °F	T ₂ = 230 °F
ΔT_{ML}= 72,64 °F	

Fuente. Elaboración propia.

7.4.4.6.1 Lado del tanque

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor con la siguiente ecuación (Kern, 1999).

$$h_i = \frac{[0,36 \cdot (L^2 \cdot n \cdot \delta / \mu)^{2/3} \cdot (C \cdot \mu / k)^{1/3} \cdot (\mu / \mu_w)^{0,14}] \cdot k}{D_j}$$

Donde:

L: Longitud del rodete

h_i: Coeficiente de transferencia de calor referido al diámetro interior del tanque

C: Calor específico

μ: Viscosidad de la solución

μ_w: Viscosidad del agua

k: Conductividad térmica

D_j: Diámetro interior del recipiente

Tabla 7.15. Parámetros para el cálculo del coeficiente de Transferencia de calor del lado del tanque.

Parámetro	Valor
L	1,97 pie
n	33.000 rev/h
δ	60,76 lb/pie ³
μ	65,32 lb/pie.h
μ _w	2,42 lb/pie.h
C	1,78 BTU/lb.°F
k	0,38 BTU/(h.pie/°F)
D _j	5,905 pie
h _i	599,39 BTU/h.pie ² .°F

Fuente. Elaboración propia.



El coeficiente real de transferencia h_{io} es:

$$h_{io} = h_i \cdot (D_I/D_E)$$

Donde:

h_{io} : Coeficiente de transferencia de calor del

D_I : Diámetro interno del tanque

D_E : Diámetro externo del tanque

Tabla 7.16. Parámetros para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor real del lado del tanque.

Parámetro	Valor
D_I	5,905 pie
D_E	5,919 pie
h_{io}	597,97 BTU/h.pie ² .°F

Fuente. Elaboración propia.

7.4.4.6.2 Lado de la chaqueta

Se calcula el área de flujo con la siguiente ecuación (Kern, 1999):

$$a_s = \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{4}$$

Donde:

a_s : Área de flujo

D_1 : Diámetro exterior del tanque

D_2 : Diámetro interior de la chaqueta

Tabla 7.17. Parámetros para el cálculo del área de flujo.

Parámetro	Valor
D_1	5,919 pie
D_2	6,247 pie
a_s	3,13 pie ²

Fuente. Elaboración propia.

Ahora, se procede a calcular el diámetro equivalente para transferencia de calor, para luego con este dato calcular la velocidad másica del vapor.

$$D_e = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1}$$

El diámetro equivalente $D_e = 0,674$ pie. Por lo que, la velocidad másica es:

$$G_t = \frac{w}{a_s}$$



Donde:

G_t : Velocidad másica

w: Peso del fluido

Tabla 7.18. Parámetros para el cálculo de la velocidad másica.

Parámetro	Valor
w	2752,21 lb/h
G_t	879,30 lb/h.pie ²

Fuente. Elaboración propia.

Sabiendo el valor del número de Reynolds, se procede a determinar el factor adimensional de transferencia de calor j_H .

$$N_{Re} = \frac{G_t \cdot D_e}{\mu}$$

Donde:

μ : Viscosidad del vapor

Tabla 7.19. Parámetros para el cálculo de la velocidad másica.

Parámetro	Valor
μ	0,013 lb/pie.h
C	0,45 BTU/lb.°F
k	0,398 BTU/h.pie ² .
N_{Re}	45.588
j_H	460

Fuente. Elaboración propia.

El coeficiente de película referido al diámetro exterior del tanque se calcula con la siguiente ecuación.

$$h_o = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left(\frac{C \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

El coeficiente de película es $h_o = 30,726$ BTU/h.pie².°F.

Se calcula el coeficiente total limpio de la siguiente manera:

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o}$$

El coeficiente es $U_c = 26,179$ BTU/h.pie².°F.

Se considera un factor de obstrucción de 0,005 h.pie².°F/BTU para el cálculo del coeficiente de diseño con la siguiente ecuación:



$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

Donde:

U_D : Coeficiente de diseño

R_d : Factor de obstrucción

El coeficiente de diseño es $U_D = 23,14 \text{ BTU/h.pie}^2.\text{°F}$. Por lo que la superficie de transferencia de calor se calcula con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{ML}}$$

El calor necesario para aumentar y mantener la temperatura del reactor es 176.243,23 BTU/h, entonces, el área de transferencia es $A = 104,85 \text{ pie}^2$. Conociendo el área, se puede calcular la altura de la chaqueta, despejando el término de la siguiente ecuación.

$$A = L \cdot \pi \cdot D_1 + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}$$

La altura de la chaqueta es de 1,22 m y la chapa que la reviste es de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 2 mm.

7.3 Evaporador (E-04)

El evaporador se diseña mediante el uso del simulador CHEMCAD 6.1.3, con el objetivo de eliminar gran parte del líquido de la corriente del proceso.

Esto se logra mediante el uso de un intercambiador de calor de tubo y coraza conectado a una cámara flash, la cual trabaja a una presión menor, logrando la evaporación del líquido de la corriente.

En las siguientes tablas se detalla las condiciones de operación y características del evaporador.



Tabla 7.20. Condiciones de operación del intercambiador de calor.

Condiciones de operación		
	Coraza	Tubos
Tipo de Fluido	Fluido caliente	Fluido frío
Flujo másico (kg/h)	2000	5019,52
Caída de presión (atm)	0,22	0,30
Temperatura de entrada (°C)	100	50
Temperatura de salida (°C)	100	80
Coeficiente de película (kcal/h.m².°C)	16252,62	11449,50
MLDT (°C)	29,53	
Área efectiva de transferencia (m²)	8,38	
Área requerida (m²)	8,08	
U calculado (kcal/h.m².°C)	1689,07	
U de servicio	1628,79	
Calor calculado (kcal/h)	359275,55	
Calor especificado(kcal/h)	346452,16	
Exceso (%)	3,70	
Factor de obstrucción (h.m².°C/cal)	1,761.10 ⁻⁴	

Fuente. ChemCAD 6.1.3.

Tabla 7.21. Características del diseño del intercambiador de calor.

Características	
Coraza	Tubos
Diámetro interno: 20 cm	Diámetro interno:1,57 cm
Número de deflectores: 4	Diámetro externo:1,91 cm
Espacio entre deflectores: 0,74 m	Número: 47
Tipo de deflector: segmentación simple	Longitud: 3,05 m
Corte de deflector: 37 %	Arreglo: TRI60
Pasos: 1	Paso: 0,02 m
	Pasos: 1

Fuente. ChemCAD 6.1.3.



Tabla 7.22. Características de diseño de la cámara flash del evaporador.

Condiciones de operación	
Entrada	
Flujo másico	5019,52 kg/h
Presión	1 atm
Densidad	991,6 kg/m ³
Viscosidad	0,00001 kgm.s
Temperatura	80 °C
Salida del líquido	
Flujo másico	1031,35 kg/h
Presión	0,55 atm
Densidad	1041,901 kg/m ³
Viscosidad	0,00046 kg/m.s
Temperatura	80 °C
Salida del vapor	
Flujo másico	3988,17 kg/h
Presión	0,55 atm
Densidad	0,4061 kg/m ³
Viscosidad	0,000013 kg/m.s
Temperatura	80 °C
Características	
Tipo	Cabezal elipsoidal
Diámetro interno	1,07 m
Longitud	1,94 m
Relación longitud/diámetro	1,82
Volumen total del recipiente	2,0515 m ³
Nivel máximo de líquido	0,11 m
Nivel normal de líquido	0,09 m
Distancia entre la alimentación y el nivel máximo de líquido	0,46 m
Presión de diseño	0,50 atm
Espesor de la coraza	0,63 cm
Espesor del cabezal	0,63 cm
Margen por corrosión	0,32 cm
Velocidad máxima	3,97 m/s
Material de la cámara	Acero al carbono recubierta por pintura epoxi

Fuente. CHEMCAD 6.1.3.



7.3.1 Cristalizador (C-01)

La cristalización se utiliza para obtener materiales en forma de cristales uniformes y atractivos de buena pureza. Como la formación de cristales consiste en la separación de un soluto de una disolución o de una fase fundida, dejando las impurezas en la fase líquida, se trata de una operación de separación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

Existen dos pasos en la precipitación de los cristales a partir de la solución. Los cristales deben formarse primero y crecer después. La formación de una nueva fase sólida sobre una partícula inerte en la solución o dentro de la solución en sí, se conoce como nucleación. El incremento de tamaño de este núcleo mediante la adición capa por capa de soluto se llama crecimiento. Para que se produzcan las dos etapas de la cristalización la solución debe estar sobresaturada (Perry, 2001). Por esta razón, la solución pasa por un evaporador antes de ingresar al cristalizador.

La solución sobresaturada se puede generar en fracción de segundos, pero el crecimiento de cristales es un proceso de capa por capa, y el tiempo de retención para producir cristales de los tamaños que se desean, normalmente es de 2 a 6 h. Como el tamaño requerido es de 80 mallas, se toma un tiempo de retención en el cristalizador de 2 h, debido a que el sistema reacciona con rapidez cuando se producen cristales entre 100 a 50 mallas (Perry, 2001).

De acuerdo a las características de este proceso se decide utilizar un cristalizador de tanque, con agitador de turbina y provisto de camisa para el enfriamiento, debido a que este tipo de equipo es adecuado para la producción de productos químicos y farmacéuticos (Perry, 2001).

El proceso de elaboración será batch. En cada batch se procesan 1031,33 kg de solución.

Todos los cálculos que se realizan sobre el cristalizador son similares a los realizados anteriormente para los tanques agitados.

7.3.1.1 Cálculo del volumen del cristalizador

Para el cálculo del volumen del cristalizador se emplea la siguiente expresión obtenida de despejar la ecuación de densidad:

$$V = \frac{m}{\delta}$$

La densidad de la solución a enfriar es $\delta = 999,91 \text{ kg/m}^3$. Por lo tanto, el volumen es $V = 1,03 \text{ m}^3$. Considerando un factor de seguridad de sobrediseño



del 20 % (Peters & Timmerhaus, 1991), el volumen del cristizador empleado debe ser $V = 1,24 \text{ m}^3$.

7.3.1.2 Cálculo de las dimensiones del cristizador

El cuerpo del cristizador es cilíndrico y el fondo tiene forma elipsoidal. De acuerdo a esto, sus dimensiones se determinan de la siguiente ecuación (Perry, 2001).

$$V = V_C + 2 \cdot V_e$$

Por lo que, la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L_C + \pi \cdot \frac{D^3}{12}$$

Para el cálculo de la longitud del tanque se supone un diámetro $D = 1,00 \text{ m}$. Con este valor supuesto se procede a calcular esta longitud, la cual es $L_C = 1,245 \text{ m}$.

A este valor se le suma la longitud del fondo, la cual se expresan de la siguiente manera (Perry, 2001):

$$L_e = \frac{D}{4}$$

La longitud de la tapa y el fondo es $L_e = 0,25 \text{ m}$. Por lo que la longitud total del tanque es $L_T = 1,50 \text{ m}$. Para corroborar que las dimensiones del reactor sean las adecuadas, se calcula la relación de esbeltez del mismo, utilizando la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{L_T}{D} \quad 1,0 \leq \varepsilon \leq 2,0$$

Obteniéndose una relación de esbeltez $\varepsilon = 1,5$. La misma está dentro de los parámetros normalmente utilizados en equipos de estas características.

7.3.1.3 Cálculo del espesor de las paredes

El espesor requerido para el cuerpo cilíndrico se calcula con la siguiente ecuación:

$$t_r = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

El espesor requerido para el fondo elíptico puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:



$$t_f = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P}$$

Tabla 7.23. Parámetros para el cálculo del espesor del cuerpo y el fondo del cristalizador.

Parámetro	Valor
P	1,033 kg/cm ²
D	100 cm
R	50 cm
S	1733 kg/cm ²
E	0,85
t _r	0,035 cm
t _f	0,035 cm

Fuente. Elaboración propia.

El material de construcción seleccionado es acero inoxidable AISI 304 de espesor estándar de 0,4 mm que posee una carga de ruptura de 2600 kg/cm², debido a su muy buena resistencia mecánica bajo las condiciones de operación y a su resistencia a la corrosión.

7.3.1.4 Cálculo del sistema de agitación

La agitación debe ser suficiente como para suspender las partículas, y así incrementar la nucleación cuando la solución llegue a su punto de inicial de cristalización. Una agitación acorde produce homogeneización en el tanque, evita las sobresaturaciones locales y promueve un producto más uniforme (Tadayyon, 1991).

La velocidad mínima de agitación es fijada por la necesidad de mantener en suspensión todos los cristales y mantener la suspensión mezclada mientras el límite superior es fijado por la formación de vórtices y la entrada de aire.

Por las razones antes mencionadas, se selecciona para el sistema un agitador de turbina abierta de seis palas planas. Este tipo de turbinas producen un flujo radial dentro del cristalizador.

Las proporciones típicas para un rodete de estas características son las siguientes (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$\frac{D_s}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{10}$$



$$\frac{E}{D_s} = 1$$

$$\frac{W}{D_s} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{D_s} = \frac{1}{4}$$

Tabla 7.24. Parámetros característicos del sistema de agitación.

Parámetro	Valor
D	1,00 m
D _s	0,33 m
J	0,10 m
E	0,33 m
W	0,07 m
L	0,08 m
H	1,31 m

Fuente. Elaboración propia.

Para calcular la velocidad de agitación del rodete se debe tener en cuenta la velocidad terminal de sedimentación de los cristales formados.

La cantidad de cristales formados representa sólo un 12% en la solución, por lo que se produce la sedimentación libre de las partículas. A continuación se procede a calcular el régimen de la sedimentación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

$$K = D_p \left[\frac{a_e \cdot \delta \cdot (\delta_p - \delta)}{\mu^2} \right]^{1/3}$$

Cómo la densidad de la solución es pequeña comparada con la densidad de las partículas puede utilizarse $\bar{\delta}$ en lugar de $\delta_p - \delta$.



Tabla 7.25. Datos para el cálculo del régimen de la sedimentación.

Parámetro	Valor
D_p^*	$1,17 \cdot 10^{-4}$ m
a_e	9,81 m/s ²
δ	999,92 kg/m ³
δ_p^*	0,72 kg/m ³
μ	0,0013 kg/m.s
k	0,02

Fuente. Elaboración propia.

*Los datos de la glucosamina se extrajeron de la ficha técnica de la misma.

De acuerdo al valor de K obtenido, se utiliza la ley de Stokes para el cálculo de la velocidad terminal (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

$$v_t = \frac{a_e \cdot D_p^2 \cdot (\delta_p - \delta)}{18 \cdot \mu}$$

La velocidad terminal de las partículas es de 0,035 m/s. Por lo tanto, la velocidad de la solución dentro del tanque debe ser mayor a este valor. Para corroborar que se cumpla esta condición, se toma una velocidad promedio de giro de la turbina de 300 rpm (Geankopolis, 1998) y se procede a calcular la velocidad de circulación de la solución con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D_s \cdot \tau}$$

Donde:

n: Velocidad de giro

v: Velocidad de circulación de la solución

τ : Rendimiento de la velocidad de agitación en la zona más desfavorable

Tabla 7.26. Parámetros para el cálculo de la velocidad de circulación.

Parámetro	Valor
n	5 rps
τ	0,415
v	2,15 m/s

Fuente. Elaboración propia.

La velocidad de circulación de la solución es mayor a la velocidad terminal de las partículas, por lo tanto, las partículas se van a mantener en suspensión.



7.3.1.5 Cálculo de la potencia necesaria para el sistema de agitación

Para calcular la potencia consumida por el sistema de agitación se debe determinar el régimen en el cual se trabaja, que viene dado por la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$N_{Re} = \frac{n \cdot D_s^2 \cdot \delta}{\mu}$$

El N_{Re} es 418.812. Debido a que es superior a 10.000, la función de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. En este intervalo el flujo es completamente turbulento, por lo cual la potencia del sistema de agitación se determina con la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_s^5 \cdot \delta}{g_c}$$

La potencia necesaria para el sistema de agitaciones es 3,08 kW.

El reactor va a estar provisto de cuatro placas deflectoras situadas en la pared (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

7.3.1.6 Cálculo del tamaño de la chaqueta

Para que se produzca el proceso de cristalización es necesario el enfriamiento de la solución. Como se menciona en el balance de energía realizado en el Capítulo 6, la masa de agua fría necesaria para enfriar la solución es de 3000 kg/h, que representa un volumen de 3 m³.

Se estima un espesor de la chaqueta de 0,01 m, para luego poder realizar los cálculos relacionados con el área de transferencia y la altura de la misma.

Para el cálculo de las dimensiones de la camisa se procede a calcular la temperatura media logarítmica del equipo (Kern, 1999). Las unidades utilizadas en los siguientes cálculos son unidades inglesas, para poder trabajar correctamente con las tablas y figuras que se representan en el libro.

$$\Delta T_{ML} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$



Tabla 7.27. Temperaturas de la mezcla y del fluido refrigerante.

Condiciones de operación	
Tanque	Chaqueta
Fluido caliente	Fluido frío
T ₁ = 176 °F	t ₁ = 50 °F
T ₂ = 86 °F	t ₂ = 77,65 °F
ΔT_{ML}= 62,04 °F	

Fuente. Elaboración propia.

7.3.1.6.1 Lado del tanque

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor con la siguiente ecuación (Kern, 1999).

$$h_i = \frac{[0,36 \cdot (L^2 \cdot n \cdot \delta / \mu)^{2/3} \cdot (C \cdot \mu / k)^{1/3} \cdot (\mu / \mu_w)^{0,14}] \cdot k}{D_j}$$

Tabla 7.28. Parámetros para el cálculo del coeficiente de Transferencia de calor del lado del tanque.

Parámetro	Valor
L	1,08 pie
n	18.000 rev/h
δ	62,42 lb/pie ³
μ	3,14 lb/pie.h
μ _w	2,42 lb/pie.h
C	1 BTU/lb.°F
k	0,38 BTU/(h.pie/°F)
D _i	3,28 pie
h _i	487,92 BTU/h.pie ² .°F

Fuente. Elaboración propia.

El coeficiente real de transferencia h_{io} es:

$$h_{io} = h_i \cdot (D_I / D_E)$$

Tabla 7.29. Parámetros para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor real del lado del tanque.

Parámetro	Valor
D _I	3,28 pie
D _E	3,282 pie
h _{io}	487,82 BTU/h.pie ² .°F

Fuente. Elaboración propia.



7.3.1.6.2 Lado de la chaqueta

Se calcula el área de flujo con la siguiente ecuación (Kern, 1999):

$$a_s = \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{4}$$

Tabla 7.30. Parámetros para el cálculo del área de flujo.

Parámetro	Valor
D₁	3,282 pie
D₂	3,38 pie
a_s	0,51 pie ²

Fuente. Elaboración propia.

Ahora, se procede a calcular el diámetro equivalente para transferencia de calor, para luego con este dato calcular la velocidad másica del vapor.

$$D_e = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1}$$

El diámetro equivalente $D_e = 0,198$ pie. Por lo que, la velocidad másica es:

$$G_t = \frac{W}{a_s}$$

Tabla 7.31. Parámetros para el cálculo de la velocidad másica.

Parámetro	Valor
W	6613,36 lb/h
G_t	541,028 lb/h.pie ²

Fuente. Elaboración propia.

Sabiendo el valor del número de Reynolds, se procede a determinar el factor adimensional de transferencia de calor j_H .

$$N_{Re} = \frac{G_t \cdot D_e}{\mu}$$

Donde:

μ : Viscosidad del agua



Tabla 7.32. Parámetros para el cálculo de la velocidad másica.

Parámetro	Valor
μ	2,42 lb/pie.h
C	1 BTU/lb.°F
k	0,38 BTU/h.pie ² .
N_{Re}	1.061
j_H	18

Fuente. Elaboración propia.

El coeficiente de película referido al diámetro exterior del tanque se calcula con la siguiente ecuación.

$$h_o = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left(\frac{C \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

El coeficiente de película es $h_o = 78,27$ BTU/h.pie².°F.

Se calcula el coeficiente total limpio de la siguiente manera:

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o}$$

El coeficiente es $U_c = 67,44$ BTU/h.pie².°F.

Se considera un factor de obstrucción de 0,005 h.pie².°F/BTU para el cálculo del coeficiente de diseño con la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

El coeficiente de diseño es $U_D = 50,43$ BTU/h.pie².°F. Por lo que la superficie de transferencia de calor se calcula con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{ML}}$$

El calor necesario para aumentar y mantener la temperatura del cristizador es 182.797,25 BTU/h, entonces, el área de transferencia es $A = 58,42$ pie². Conociendo el área, se puede calcular la altura de la chaqueta, despejando el término de la siguiente ecuación.

$$A = L \cdot \pi \cdot D_1 + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}$$



La altura de la chaqueta es de 1,46 m y la chapa que la reviste es de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 0,2 mm.

7.3.2 Purificador primario (M-01)

Este tanque agitado es utilizado para mantener en suspensión las partículas de carbón activado durante 0,5 h. En esta etapa se produce la decoloración del clorhidrato de glucosamina por medio de una reacción química.

Es un recipiente abierto, enchaquetado con agitación, opera a una presión (p) de 1 atm y a temperatura (T) de 95°C.

En cada batch se procesan 556 kg de producto semielaborado primario cuya densidad es 940,56 kg/m³.

7.3.2.1 Cálculo del volumen del purificador primario

Para el cálculo del volumen del purificador se emplea la siguiente expresión obtenida de despejar la ecuación de densidad:

$$V = \frac{m}{\delta}$$

Por lo tanto, el volumen del reactor es $V = 0,6 \text{ m}^3$. Considerando un factor de seguridad de sobrediseño del 20 % (Peters & Timmerhaus, 1991), el volumen del reactor empleado debe ser $V = 0,71 \text{ m}^3$.

7.3.2.2 Cálculo de las dimensiones del purificador primario

El cuerpo del reactor es cilíndrico y el fondo tiene forma elipsoidal. De acuerdo a esto, sus dimensiones se determinan con la siguiente ecuación (Perry, 2001).

$$V = V_c + V_e$$

Por lo que, la ecuación se expresa de la siguiente manera.

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L_c + \pi \cdot \frac{D^3}{24}$$

Para el cálculo de la longitud del tanque se supone un diámetro $D = 0,8 \text{ m}$. Con este valor supuesto se procede a calcular esta longitud, la cual es $L_c = 1,30 \text{ m}$. A este valor se le suma la longitud del fondo, la cual se expresan de la siguiente manera (Perry, 2001):

$$L_e = \frac{D}{4}$$



La longitud del fondo es $L_e = 0,20$ m. Por lo que la longitud total del tanque es $L_T = 1,50$ m. Para corroborar que las dimensiones del reactor sean las adecuadas, se calcula la relación de esbeltez del mismo, utilizando la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{L_T}{D} \quad 1,0 \leq \varepsilon \leq 2,0$$

Obteniéndose una relación de esbeltez $\varepsilon = 1,875$. La misma está dentro de los parámetros normalmente utilizados en equipos de estas características.

7.3.2.3 Cálculo del espesor de las paredes

Como se menciona anteriormente, el cálculo de los espesores correspondientes al cilindro y fondo del purificador primario se determina según los requisitos expuestos en el código ASME, con las siguientes ecuaciones.

$$t_r = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

$$t_f = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P}$$

Tabla 7.33. Parámetros para el cálculo del espesor del cuerpo, y el fondo del purificador primario.

Parámetro	Valor
P	1,033 kg/cm ²
D	80 cm
R	40 cm
S	1733 kg/cm ²
E	0,85
t _r	0,028 cm
t _f	0,028 cm

Fuente. Elaboración propia.

El material de construcción seleccionado es acero inoxidable AISI 304 de espesor estándar de 0,3 mm que posee una carga de ruptura de 2600 kg/cm², debido a su muy buena resistencia mecánica bajo las condiciones de operación y a su resistencia a la corrosión.

7.3.2.4 Cálculo del sistema de agitación

El sistema de agitación se utiliza para mantener en suspensión en la solución las partículas de carbón activado y evitar que éstas precipiten. Teniendo en cuenta este objetivo, el rodete más conveniente es una hélice de mezcla de



tres palas con un paso igual a 1. Este tipo de hélice produce un flujo longitudinal dentro del tanque.

Para calcular la velocidad de agitación del rodete se debe tener en cuenta la velocidad terminal de sedimentación de las partículas de carbón activado.

La cantidad de carbón activado utilizado representa sólo un 4,76% en la solución, por lo que se produce la sedimentación libre de las partículas. A continuación se procede a calcular el régimen de la sedimentación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

$$K = D_p \left[\frac{a_e \cdot \delta \cdot (\delta_p - \delta)}{\mu^2} \right]^{1/3}$$

Donde:

K: Criterio de sedimentación

D_p : Diámetro de partícula

a_e : Aceleración de la gravedad

δ : Densidad de la solución

δ_p : Densidad de partícula

μ : Viscosidad de la solución

Cómo la densidad de la solución es pequeña comparada con la densidad de las partículas puede utilizarse δ en lugar de $\delta_p - \delta$.

Tabla 7.34. Datos para el cálculo del régimen de la sedimentación.

Parámetro	Valor
D_p *	0,0025 m
a_e	9,81 m/s ²
δ	940,56 kg/m ³
δ_p *	725 kg/m ³
μ	0,002 kg/m.s
K	29,47

*Los datos del carbón activado se extrajeron de la ficha técnica del mismo.

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo al valor de K obtenido, se utiliza la ley intermedia para el cálculo de la velocidad terminal (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

$$v_t = \frac{0,153 \cdot a_e^{0,71} \cdot D_p^{1,14} \cdot \delta_p^{0,71}}{\delta^{0,29} \cdot \mu^{0,43}}$$



La velocidad terminal de las partículas es de 0,18 m/s. Por lo tanto, la velocidad de la solución dentro del tanque debe ser mayor a este valor. Para corroborar que se cumpla esta condición, se toma una velocidad promedio de giro de la hélice de 900 rpm (Geankopolis, 1998) y se procede a calcular la velocidad de circulación de la solución con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D_s \cdot \tau}$$

Donde:

n: Velocidad de giro

v: Velocidad de circulación de la solución

τ : Rendimiento de la velocidad de agitación en la zona más desfavorable

Tabla 7.35. Parámetros para el cálculo de la velocidad de circulación

Parámetro	Valor
n	15 rps
D_s	0,27 m
τ	0,415
v	5,28 m/s

Fuente. Elaboración propia.

La velocidad de circulación de la solución es mayor a la velocidad terminal de las partículas, por lo tanto, las partículas se van a mantener en suspensión.

Las proporciones típicas para un rodete de estas características son las siguientes (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$\frac{D_s}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{E}{D} = 1$$

$$\frac{W}{D_s} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{D_s} = \frac{1}{4}$$

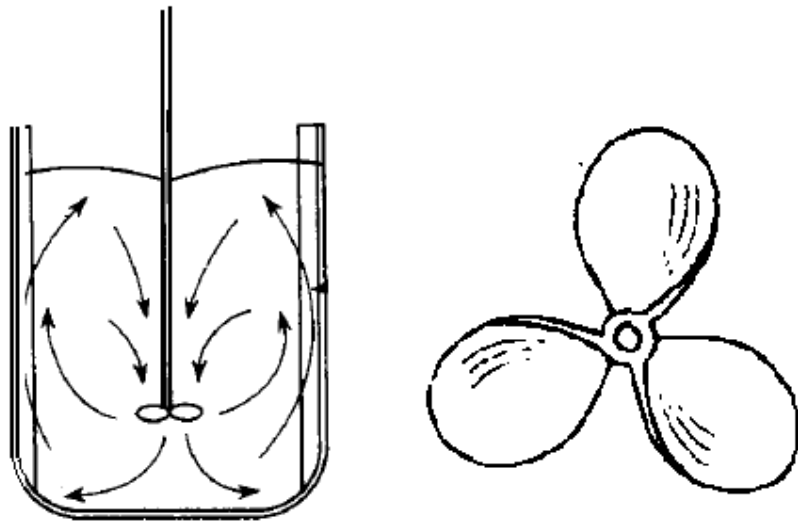


Figura 7.3. Modelo de flujo en un tanque con placas deflectoras y un agitador de hélice instalado centralmente.

Tabla 7.36. Parámetros característicos del sistema de agitación.

Parámetro	Valor
D	0,80 m
D _s	0,27 m
J	0,08 m
E	0,27 m
H	1,19 m

Fuente. Elaboración propia.

7.3.2.5 Cálculo de la potencia necesaria para el sistema de agitación

Para calcular la potencia consumida por el sistema de agitación se debe determinar el régimen en el cual se trabaja, que viene dado por la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$N_{Re} = \frac{n \cdot D_s^2 \cdot \delta}{\mu}$$



Tabla 7.37. Parámetros para el cálculo del número de Reynolds.

Parámetro	Valor
n	15 rps
D _s	0,27 m
δ	940,56 kg/m ³
μ	0,002 kg/m.s
N _{Re}	514.251

Fuente. Elaboración propia.

Como el N_{Re} es superior a 10.000, la función de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. En este intervalo el flujo es completamente turbulento, por lo cual la potencia del sistema de agitación se determina con la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_s^5 \cdot \delta}{g_c}$$

Tabla 7.38. Parámetros para el cálculo de la potencia suministrada al sistema de agitación.

Parámetro	Valor
K _T	1,00
P	4,55 kW

Fuente. Elaboración propia.

El purificador va a estar provisto de cuatro placas deflectoras situadas en la pared, con un ancho igual al 10 % del diámetro del tanque (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

7.3.2.6 Cálculo de las dimensiones de la chaqueta

La energía necesaria para el funcionamiento del reactor proviene del vapor sobrecalentado que circula por la camisa. Como se menciona en el balance de energía realizado en el Capítulo 6, la masa de vapor necesaria para mantener la temperatura de la solución reaccionante es de 633,67 kg/h, que representa un volumen de 55,88 m³ a 3 atm de presión.

Primero, se realiza una estimación del espesor de la chaqueta de 0,005 m, para luego poder realizar los cálculos relacionados con el área de transferencia y la altura de la misma.



Para el cálculo de las dimensiones de la camisa se procede a calcular la temperatura media logarítmica del equipo (Kern, 1999). Las unidades utilizadas en los siguientes cálculos son unidades inglesas, para poder trabajar correctamente con las tablas y figuras que se representan en el libro.

$$\Delta T_{ML} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

Tabla 7.14. Temperaturas de la mezcla y del fluido calefaccionante.

Condiciones de operación	
Tanque	Chaqueta
Fluido frío	Fluido caliente
t ₁ = 77 °F	T ₁ = 266 °F
t ₂ = 203 °F	T ₂ = 221 °F
ΔT_{ML}= 97,98 °F	

Fuente. Elaboración propia.

7.3.2.6.1 Lado del tanque

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor con la siguiente ecuación (Kern, 1999).

$$h_i = \frac{[0,36 \cdot (L^2 \cdot n \cdot \delta / \mu)^{2/3} \cdot (C \cdot \mu / k)^{1/3} \cdot (\mu / \mu_w)^{0,14}]}{D_j} \cdot k$$

Tabla 7.15. Parámetros para el cálculo del coeficiente de Transferencia de calor del lado del tanque.

Parámetro	Valor
L	0,88 pie
n	54.000 rev/h
δ	58,71 lb/pie ³
μ	4,83 lb/pie.h
μ _w	2,42 lb/pie.h
C	1,00 BTU/lb.°F
k	0,38 BTU/(h.pie/°F)
D _j	2,62 pie
h _i	964,83 BTU/h.pie ² .°F

Fuente. Elaboración propia.

El coeficiente real de transferencia h_{io} es:

$$h_{io} = h_i \cdot (D_I / D_E)$$



Tabla 7.16. Parámetros para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor real del lado del tanque.

Parámetro	Valor
D_1	2,62 pie
D_E	2,627 pie
h_{io}	962,26 BTU/h.pie ² .°F

Fuente. Elaboración propia.

7.3.2.6.2 Lado de la chaqueta

Se calcula el área de flujo con la siguiente ecuación (Kern, 1999):

$$a_s = \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{4}$$

Tabla 7.17. Parámetros para el cálculo del área de flujo.

Parámetro	Valor
D_1	2,627 pie
D_2	2,659 pie
a_s	0,13 pie ²

Fuente. Elaboración propia.

Ahora, se procede a calcular el diámetro equivalente para transferencia de calor, para luego con este dato calcular la velocidad másica del vapor.

$$D_e = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1}$$

El diámetro equivalente $D_e = 0,064$ pie. Por lo que, la velocidad másica es:

$$G_t = \frac{w}{a_s}$$

Tabla 7.18. Parámetros para el cálculo de la velocidad másica.

Parámetro	Valor
w	2793,98 lb/h
G_t	21492,15 lb/h.pie ²

Fuente. Elaboración propia.

Sabiendo el valor del número de Reynolds, se procede a determinar el factor adimensional de transferencia de calor j_H .

$$N_{Re} = \frac{G_t \cdot D_e}{\mu}$$



Tabla 7.19. Parámetros para el cálculo de la velocidad másica.

Parámetro	Valor
μ	0,013 lb/pie.h
C	0,45 BTU/lb.°F
k	0,398 BTU/h.pie ² .
N_{Re}	105.807
j_H	200

Fuente. Elaboración propia.

El coeficiente de película referido al diámetro exterior del tanque se calcula con la siguiente ecuación.

$$h_o = j_H \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left(\frac{C \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

El coeficiente de película es $h_o = 146,57 \text{ BTU/h.pie}^2 \cdot \text{°F}$.

Se calcula el coeficiente total limpio de la siguiente manera:

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o}$$

El coeficiente es $U_c = 127,19 \text{ BTU/h.pie}^2 \cdot \text{°F}$.

Se considera un factor de obstrucción de $0,015 \text{ h.pie}^2 \cdot \text{°F/BTU}$ para el cálculo del coeficiente de diseño con la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

El coeficiente de diseño es $U_D = 43,74 \text{ BTU/h.pie}^2 \cdot \text{°F}$. Por lo que la superficie de transferencia de calor se calcula con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta T_{ML}}$$

El calor necesario para aumentar y mantener la temperatura del purificador es $28.198,24 \text{ BTU/h}$, entonces, el área de transferencia es $A = 52,18 \text{ pie}^2$. Conociendo el área, se puede calcular la altura de la chaqueta, despejando el término de la siguiente ecuación.

$$A = L \cdot \pi \cdot D_1 + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}$$



La altura de la chaqueta es de 1,41 m y la chapa que la reviste es de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 0,3 mm.

7.3.3 Purificador secundario (M-02)

El purificador secundario es un recipiente abierto con agitación, opera presión atmosférica y a temperatura ambiente. Bajo estas condiciones el tiempo de agitación es de 0,8 h.

El objetivo de esta etapa es la mezcla del producto semielaborado primario con etanol para que se produzca la precipitación de la glucosamina. La densidad de la solución formada es de 850,22 kg/m³.

En cada batch se procesan 377 kg de producto semielaborado secundario.

7.3.3.1 Cálculo del volumen del purificador secundario

Para el cálculo del volumen del reactor se emplea la siguiente expresión obtenida de despejar la ecuación de densidad:

$$V = \frac{m}{\delta}$$

El volumen del reactor es $V = 0,44 \text{ m}^3$. Considerando un factor de seguridad de sobrediseño del 20 % (Peters & Timmerhaus, 1991), el volumen del reactor empleado debe ser $V = 0,53 \text{ m}^3$.

7.3.3.2 Cálculo de las dimensiones del purificador secundario

El cuerpo del reactor es cilíndrico y el fondo tiene forma elipsoidal. De acuerdo a esto, sus dimensiones se determinan con las ecuaciones mencionadas anteriormente (Perry, 2001).

$$V = V_C + 2 \cdot V_e$$

Por lo que, la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L_C + \pi \cdot \frac{D^3}{24}$$

Para el cálculo de la longitud del tanque se supone un diámetro $D = 0,80 \text{ m}$. Con este valor supuesto se procede a calcular esta longitud, la cual es $L_C = 0,92 \text{ m}$.

A este valor se le suma la longitud de la tapa y el fondo, la cual se expresan de la siguiente manera (Perry, 2001):



$$L_e = \frac{D}{4}$$

La longitud del fondo es $L_e = 0,20$ m. Por lo que la longitud total del tanque es $L_T = 1,12$ m. Para corroborar que las dimensiones del reactor sean las adecuadas, se calcula la relación de esbeltez del mismo, utilizando la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{L_T}{D} \quad 1,0 \leq \varepsilon \leq 2,0$$

Obteniéndose una relación de esbeltez $\varepsilon = 1,4$. La misma está dentro de los parámetros normalmente utilizados en equipos de estas características.

7.3.3.3 Cálculo del espesor de las paredes

Como se menciona anteriormente, el cálculo de los espesores correspondientes al cilindro y fondo del purificador secundario se determina según los requisitos expuestos en el código ASME, con las siguientes ecuaciones.

$$t_r = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$
$$t_f = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P}$$

Tabla 7.39. Parámetros para el cálculo del espesor del (M-02)
Cuerpo, de la tapa y el fondo del reactor.

Parámetro	Valor
P	1,033 kg/cm ²
D	80 cm
R	40 cm
S	1733 kg/cm ²
E	0,85
t _r	0,028 cm
t _f	0,028 cm

Fuente. Elaboración propia.

El material de construcción seleccionado es acero inoxidable AISI 304 de espesor estándar de 0,3 mm que posee una carga de ruptura de 2600 kg/cm², debido a su muy buena resistencia mecánica bajo las condiciones de operación y a su resistencia a la corrosión.



7.3.3.4 Cálculo del sistema de agitación

El sistema de agitación se utiliza para realizar la mezcla de líquidos de similares densidades. Por esta razón, se selecciona para el sistema, un agitador de turbina abierta de seis palas planas. Este tipo de turbinas producen un flujo radial dentro del reactor.

Las proporciones típicas para un rodete de estas características son las siguientes (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$\frac{D_s}{D} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{J}{D} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{E}{D} = 1$$

$$\frac{W}{D_s} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{D_s} = \frac{1}{4}$$

Tabla 7.40. Parámetros característicos del sistema de agitación.

Parámetro	Valor
D	0,80 m
D _s	0,27 m
J	0,08 m
E	0,80 m
W	0,054 m
L	0,068 m
H	1,05 m

Fuente. Elaboración propia.

7.3.3.5 Cálculo de la potencia necesaria para el sistema de agitación

De acuerdo al objetivo de esta etapa, se debe garantizar la velocidad de giro del rodete, para ello es necesario un régimen turbulento.

Para determinar el régimen en el que se trabaja, se supone una velocidad promedio de 400 rpm (Geankopolis, 1998). La ecuación que se utiliza para el cálculo es la siguiente (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):



$$N_{Re} = \frac{n \cdot D_s^2 \cdot \rho}{\mu}$$

Tabla 7.41. Parámetros para el cálculo del número de Reynolds.

Parámetro	Valor
n	6,67 rps
ρ	750,22 kg/m ³
μ	0,0018 kg/m.s
N_{Re}	202.660

Fuente. Elaboración propia.

Como el N_{Re} es superior a 10.000, la función de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. En este intervalo el flujo es completamente turbulento, por lo cual la potencia del sistema de agitación se determina con la siguiente ecuación (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición):

$$P = \frac{K_T \cdot n^3 \cdot D_s^5 \cdot \rho}{g_c}$$

Considerando $K_T = 6,30$ (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición), la potencia que se le debe suministrar al sistema es de 2,01 kW.

El purificador va a estar provisto de cuatro placas deflectoras situadas en la pared, con un ancho igual al 10 % del diámetro del tanque (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

7.4 Adopción de equipos

7.4.1 Tanques de almacenamiento

7.4.2 Tanque de almacenamiento de desecho de biomasa (T-01)

Para el almacenamiento de la biomasa se requiere un tanque cerrado de acero inoxidable con refrigeración.

Como se almacena el desecho de biomasa de la planta a la cual nos anexamos, y además, a fin de los meses de junio, julio, noviembre y diciembre se trae el desecho producido en la planta de Tucumán, en estos meses se va a necesitar almacenar 15722 kg de desechos. Por lo que se decide contar con tres tanques de almacenamiento. Cada uno de estos tanques, almacenará aproximadamente 5240,67 kg de desecho.



Sabiendo que la densidad del desecho de la biomasa es $1271,66 \text{ kg/m}^3$, los tanques deben tener un volumen mínimo de 4121 l. Al considerar un factor de seguridad de sobrediseño del 20 %, el volumen de los mismos es de 4946 l.

Se adopta tanques agitados y con equipos de refrigeración de la marca Zhejiang modelo TTC-F-5. Este modelo de tanque de almacenamiento es apto para la industria farmacéutica, alimentaria, química y otras industrias, para la preparación y almacenamiento de materiales. Está compuesto por tanque, chaqueta y otras partes.

Las dimensiones estándar de este tipo de tanque se expresan en la siguiente Tabla.

Tabla 7.42. Dimensiones del tanque de almacenamiento (T-01).

Dimensiones	
Volumen	5000 l
Potencia del motor	13 kW
Refrigeración	34 kW
Velocidad de rodete	36 rev/min
Diámetro del tanque	2,10 m
Altura del tanque	4 m

Fuente. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/excellent-sanitary-stainless-steel-vertical-milk-cooling-storage-tank-1918230740.html>



Figura 7.4. Tanque de almacenamiento de biomasa.

Fuente. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/excellent-sanitary-stainless-steel-vertical-milk-cooling-storage-tank-1918230740.html>



7.4.2.1 Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico (T-02)

El volumen de ácido clorhídrico necesario para la producción de un batch es de 3468 l. Se adopta un tanque para almacenar el ácido que permita la producción de dos batch debido a que no es conveniente almacenar grandes cantidades del mismo, por lo que el volumen mínimo del tanque debe ser de 8324 l, valor fue calculado considerando un factor de seguridad de sobrediseño del 20 %.

Se adopta un tanque cilíndrico vertical EBOPLAST con resistencia anticorrosiva que garantiza la adecuada contención del producto, presenta tolerancia química, térmica y mecánica ya que está fabricado con resinas adecuadas al uso y paredes construidas con hilos de vidrio pretensados, saturados y aplicados por medio del sistema de Filament Winding según Norma ASTM D3299.

Se caracteriza por ser de fondo plano sin soldadura entre el fondo, el cuerpo y techo torisférico, lo cual ofrece al equipo una máxima prestación debido a la continuidad química y mecánica que se produce. Diseñada las entradas, salidas y conexiones de acuerdo a nuestro proceso.

Las dimensiones del tanque a emplear se expresan en la siguiente Tabla.

Tabla 7.43. Dimensiones del tanque (T-02).

Capacidad (m ³)	Diámetro (m)	Altura (m)
9	1,83	3,78

Fuente. Elaboración propia.

Consideraciones:

- El volumen indicado corresponde exclusivamente a la porción cilíndrica.
- Las conexiones estándar de un tanque son Boca de Hombre entrada salida y venteo.



Figura 7.5. Tanque almacenamiento de ácido clorhídrica
Fuente: <http://www.eboplast.com.ar/tanques-productos-quimicos.html>

7.4.2.2 Tolva de almacenamiento de clorhidrato de glucosamina (T-03)

La cantidad de glucosamina producida por batch es de 116,19 kg. Se almacenan la producción de tres batch para luego ser envasados, por lo que la tolva de almacenamiento debe contar con una capacidad mínima de 584 l, considerando un factor de seguridad de sobrediseño del 20 %.

Se adopta la Tolva Rotoplas, que posee las siguientes características:

- Material: Polietileno de alta densidad grado alimenticio
- Fondo: Cónica que permite el vaciado total y dosificación del producto
- Posee graduación
- No genera color, olor ni sabor al producto almacenado.
- Sellado hermético por lo que no produce humedad.
- Mantiene la temperatura y evita la formación de fauna nociva.
- No requieren mantenimiento.

Tabla 7.44. Descripción de las características de la tolva (T-03).

Descripción	Altura (A)	Diámetro (B)	Diámetro de salida (C)	Angulo interior (D)	Diámetro de tapa (F)
Tolva 600 l	1,55 m	0,98 m	0,25 m	45°	18''

Fuente. Elaboración propia.

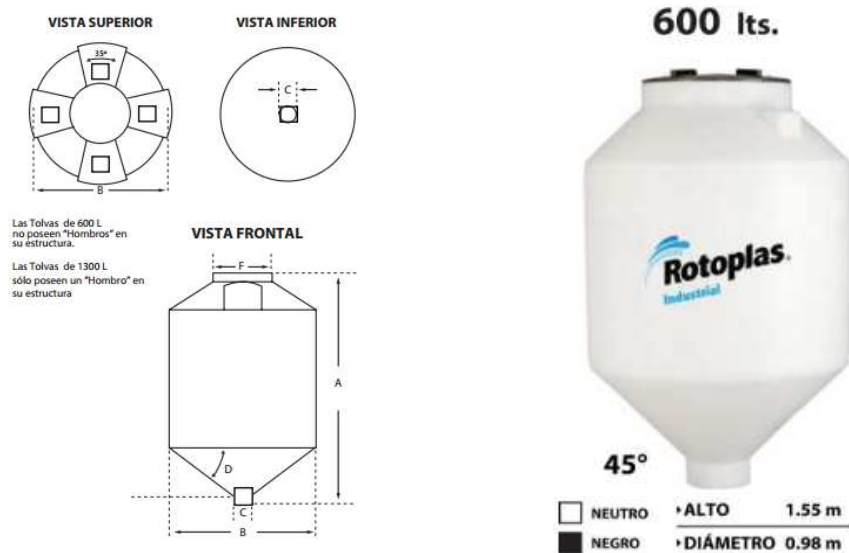


Figura 7.6. Tolla almacenamiento de glucosamina.

Fuente: <http://www.eboplast.com.ar/tanques-productos-quimicos.html>

7.4.2.3 Tanque auxiliar de almacenamiento (T-04)

Este tanque está destinado para el almacenamiento de soluciones que van a quedar, debido a los tiempos de trabajo, de un día para el otro o durante el fin de semana almacenadas.

Las soluciones a almacenar son las siguientes:

- La solución de reacción que sale del reactor.
- El producto semielaborado primario que sale del primer purificador.

Por lo que el tanque debe contar con refrigeración y un sistema de agitación, debido a que 20 min antes de utilizar la solución, se agita para homogeneizar la mezcla.

Las características de las dos soluciones a almacenar se especifican en la Tabla 7.45.

Tabla 7.45. Características de las soluciones a almacenar en T-04.

	Solución de reacción	Producto semi-acabado primario
Masa	5008,45 kg	551,2 kg
Densidad	973,28 kg/m ³	940,56 kg/m ³
Volumen	5150 l	590 l

Fuente. Elaboración propia.



Las dimensiones del tanque de almacenamiento se basan en la solución de mayor volumen y considerando un factor de seguridad de sobrediseño del 20 %.

Se adopta un tanque de acero inoxidable de Jinfeng modelo JF6000. El mismo es ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, alimentaria, industria verde, en pequeña transfusión, inyección, preparación líquida oral y almacenamiento de materiales líquidos en el proceso de producción.

Sus principales características son:

- Tiene la función de calefacción, refrigeración, la preservación del calor, la mezcla y otras funciones.
- La parte de contacto del equipo y el material adoptado para su realización es de acero inoxidable 316L.
- Consta de boca, respiración por la boca, orificio de alimentación, mirilla, indicadores de nivel de líquido, termómetros y las partes de limpieza CIP.

Las dimensiones estándar de este tipo de tanque se expresan en la siguiente Tabla.

Tabla 7.46. Dimensiones del tanque T-04.

Dimensiones	
Volumen	6000 l
Presión en el tanque	< 0,2 MPa
Presión en la chaqueta	< 0,3 MPa
Área de transferencia de calor	12 m ²
Diámetro del tanque	1,6 m
Altura del tanque	2,5 m
Potencia de agitación	2,2 kW

Fuente. http://gzjf.en.alibaba.com/product/60020675785-218886549/JF_Series_Concentrated_Tank_Dilution_Tank.html



Figura 7.7. Tanque T-04, con agitación y camisa.

Fuente. http://gzjf.en.alibaba.com/product/60020675785-218886549/JF_Series_Concentrated_Tank_Dilution_Tank.html

7.4.3 Filtros prensas

7.4.3.1 Filtro prensa (FIL-01)

Se considera que, el volumen de salida del reactor, se filtra al cabo de una hora. Por lo que el filtro a adoptar debe tener una capacidad de filtrado de 7,72 m³/h.

A continuación se detalla los requisitos básicos para el proceso de filtrado:

- La cantidad de sólidos retenidos en la torta es 1524 kg.
- Luego de la filtración, se realiza el lavado de la torta en tres veces, el volumen de agua utilizada por cada lavado es aproximadamente de 0,647 m³. El lavado completo se realiza en 25 min.

Se adopta un filtro prensa Dieme ME 1200, el mismo posee un dispositivo de descarga instantánea, lo que permite la descarga de la torta reduciendo los tiempos operativos mediante una rápida apertura del paquete de placas. Cuenta con una fila cerrada de inyectores de agua a alta presión, localizados



sobre el conjunto de placas, lo cual produce el lavado de telas de manera automática garantizando una limpieza profunda y eficaz.

Posee un mecanismo excéntrico para sacudir las placas eliminando de las telas eventuales residuos de torta, asegurando una descarga eficaz en fase sólida.

En la Tabla 7.47 se nombran las características del filtro prensa seleccionado.

Tabla 7.47. Características del filtro FIL-01.

Especificaciones técnicas	
Modelo	ME1200
Capacidad	10 m ³ /h
Longitud	Mín. 6000 mm, máx. 10500 mm
Altura	1,72 m
Presión de trabajo	15 bar
Tamaño de placas	1200x 1200 mm
Nº de placas instaladas	Mín. 18, máx. 51
Volumen de la torta	Mín. 600l, máx. 1500 l
Superficie filtrante	Mín. 40 m ² , máx. 110 m ²
Peso en vacío	Mín. 8310 kg, máx. 13900 kg
Potencia	6 kW

Fuente. <http://pdf.directindustry.es/pdf/bilfinger-water-technologies-srl/me/31503-542609.html#open>



Figura 7.8. Filtro prensa DIEMME 1200.

Fuente. <http://pdf.directindustry.es/pdf/bilfinger-water-technologies-srl/me/31503-542609.html#open>



7.4.3.2 Filtro prensa (FIL-02)

El volumen a filtrar en el segundo filtro prensa es de 561,63 litros, la cual está compuesta por una cantidad de sólidos de 49,75 kg.

Se adopta el filtro DIEMME KE 500, filtro de viga lateral de pequeñas dimensiones, sólida estructura y diseño simple. Posee cabezal móvil de cierre manual, la presión de cierre es aplicada a través de una palanca que acciona el pistón hidráulico. Se encuentra totalmente recubierto con láminas de polipropileno soldadas en caliente, que protegen al filtro de procesos corrosivos.

Tabla 7.48. Características del filtro prensa (FIL-02).

Especificaciones técnicas	
Modelo	KE 500
Longitud	Mín. 1560 mm, máx. 3770 mm
Presión de trabajo	Mín. 12 bar, máx. 30 bar
Tamaño de placas	500x 500 mm
Nº de placas instaladas	Mín. 15, máx. 60
Volumen de la torta	Mín. 60 l, máx. 250 l
Peso en vacío	Mín. 850 kg, máx. 1422 kg
Potencia	5 kW

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf/bilfinger-water-technologies-srl/filtro-prensa-ke/31503-25609.html>



Figura 7.9. Filtro prensa DIEMME KE 500.

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf/bilfinger-water-technologies-srl/filtro-prensa-ke/31503-25609.html>



7.4.4 Centrifugas (Ce-01 y Ce-02)

En el proceso es necesario centrifugar en tres ocasiones diferente. Como se requiere el mismo modelo de centrífuga en todos los casos, y las condiciones de operación lo permiten, se considera la posibilidad de emplear dos unidades para todo el proceso.

El objetivo de estas etapas es eliminar la mayor cantidad de líquido de los cristales de glucosamina. Las características de las soluciones a centrifugar son las que se expresan en las siguientes Tablas.

Tabla 7.49. Característica de la solución que entra en la primera centrifugación.

Característica de la solución	
Densidad de la solución	999,98 kg/m ³
Viscosidad de la solución	0,005 kg/m.s
Masa de alimentación	1031,34 kg
Volumen de alimentación	1,03 m ³
Volumen del crudo sólido	0,27 m ³

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 7.50. Característica de la solución que entra en la segunda centrifugación.

Característica de la solución	
Densidad de la solución	958,94 kg/m ³
Viscosidad de la solución	0,0015 kg/m.s
Masa de alimentación	501,48 kg
Volumen de alimentación	0,52 m ³
Volumen del crudo sólido	0,25 m ³

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 7.51. Característica de la solución que entra en la tercera centrifugación.

Característica de la solución	
Densidad de la solución	850,22 kg/m ³
Viscosidad de la solución	0,0017 kg/m.s
Masa de alimentación	378 kg
Volumen de alimentación	0,44 m ³
Volumen del crudo sólido	0,17 m ³

Fuente. Elaboración propia.

La centrífuga que cumple con las condiciones de operación requerida es la centrífuga Saideli de bolsa filtrante LSD-1600. La misma está diseñada para una descarga inferior y consta de una raqueta vertical.

Durante su funcionamiento, la bolsa filtrante se mueve vigorosamente hacia arriba y hacia abajo para crear el efecto de oscilación que elimina los sólidos residuales. Una vez que el proceso de separación finaliza el dispositivo hará



que la bolsa oscile y, mediante el efecto de la gravedad, los sólidos se descargan por un orificio de la parte inferior del tambor.

Principales características de la centrífuga:

- No deja residuos sólidos durante su funcionamiento y su configuración óptima permite alcanzar una excelente eficiencia y un rendimiento fiable.
- Mientras se encuentra en funcionamiento, la centrífuga no daña las partículas sólidas, lo que resulta extremadamente adecuada en aplicaciones que requieren una alta integridad granular.

Tabla 7.52. Parámetros técnicos de la centrífuga.

Parámetros técnicos	
Modelo	LSD-1600
Diámetro del tambor	1600 mm
Altura del tambor	800 mm
Volumen del tambor	800 l
Capacidad de carga	1100 kg
Velocidad máxima	850 rpm
Factor de separación máximo	646
Potencia del motor	37 kW
Peso	12600 kg

Fuente.

<http://sdcentrifuges.com/2-4-bottom-discharge-centrifuge/192783>



Figura 7.10. Centrífuga de bolsa filtrante LSD-1600.

Fuente. <http://sdcentrifuges.com/2-4-bottom-discharge-centrifuge/192783>



7.4.5 Equipo de secado (D-01)

El secado se realiza con el fin de eliminar el agua de la corriente del proceso y así obtener el producto final para luego ser envasado. Ingresan al secador 112,95 kg, del cual se debe evaporar el 5%.

Se adopta el secador de la empresa B&P Process Equipment y B&P Littleford Day LLC. El cual es un secador de lecho fluidizado, que permite realizar esta operación a no muy altas temperaturas, en el orden de 70°C.

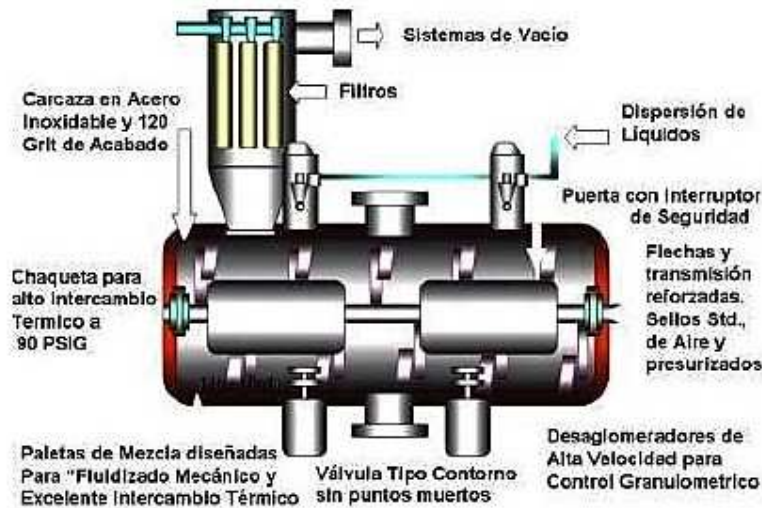


Figura 7.11. Partes del secador de lecho fluidizado D-01.

Fuente. <http://www.mezcladores.com/secadores>

Permite obtener polvos secos de granulometría constante, pudiendo variar la granulometría y densidad final.

Posee un sistema de molinos integrados permite evitar la formación de grumos durante el proceso de secado, a la vez que controla la granulometría final del producto, obteniendo desde polvos finos a polvos granulado, con densidad controlada, a la descarga del secador.



Figura 7.12. "Choppers" (molinos desglomeradores).
Fuente. <http://www.mezcladores.com/secadores>

Los "Choppers" (Molinos Desaglomeradores) controlan la posible formación de grumos durante el proceso, particularmente importante para obtener polvos finos de granulometría constante a la descarga.

La acción de los molinos reduce apreciablemente el tiempo de secado, al garantizar que en todo momento se está trabajando producto con una baja granulometría. La siguiente tabla muestra la acción de éstos molinos durante el proceso de secado.

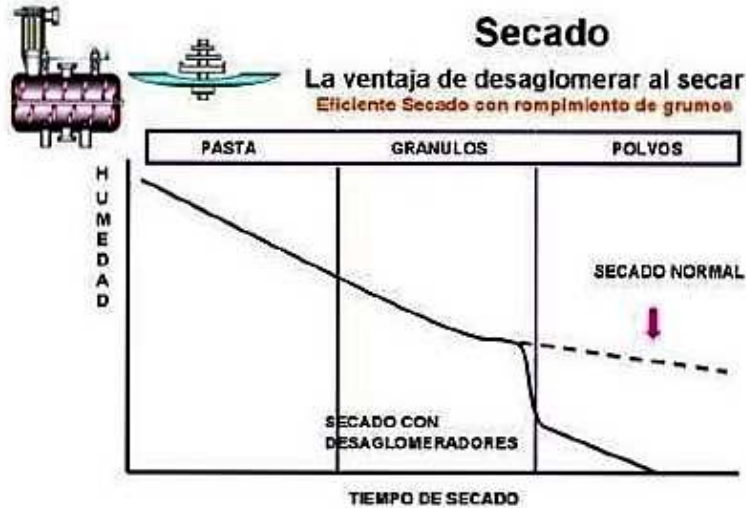


Figura 7.13. Mejoras en el tiempo de secado, debido a la acción de los molinos.
Fuente. <http://www.mezcladores.com/secadores>

El proceso de secado puede realizarse a partir de concentraciones bajas de sólidos, con un producto final con humedades inferiores al 1%.



Este tipo de secadores son recomendados en productos sensibles a la temperatura (alimentos, farmacéuticos o químicos), en donde comúnmente no pueden trabajarse temperaturas superiores de 60 °C o 70 °C.

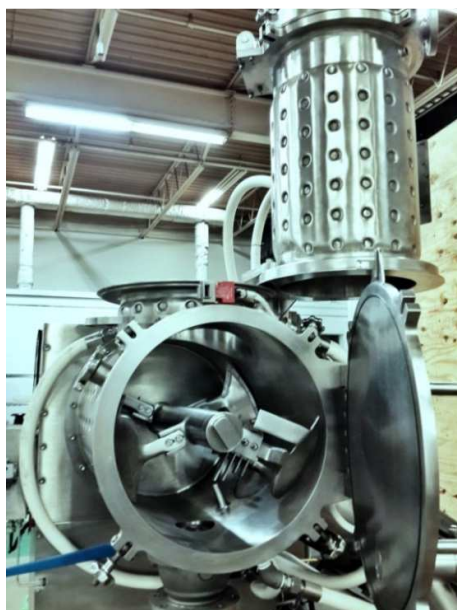


Figura 7.14. Vista frontal del equipo de secado.
Fuente: <http://www.mezcladores.com/secadores>

Con un estudiado diseño de velocidades tangenciales y elementos mecánicos, optimiza el número de Froude, obteniéndose una transferencia calorífica hasta 10 veces superior a la de otros secadores de baja intensidad.

Los secadores cuentan con chaqueta de calentamiento y filtro superior de bolsas filtrantes, para la extracción de vacío. Estos filtros se conectan a un sistema de condensadores con bomba de vacío, para la recuperación de los líquidos.

Se adopta el modelo FKM-300-D, el cual está diseñado para el trabajo por lotes, y se adapta a los requisitos del proceso. Las características de equipo se especifican en las siguientes Tablas.

Tabla 7.53. Características del secador FKM-300-D.

Modelo	Capacidad total (l)	Dimensiones (m)			
		A	B	C	
FKM-300-D	300	1,0	0,7	0,9	

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.54. Características del filtro del secador FKM-300-D.

Modelo	N° de filtro	Modelo del filtro	Área del filtro (m ²)	Área total de la chaqueta de calentamiento (m ²)	Capacidad de trabajo (l)
FKM-300-D	1	T.B.D.	0,67	1,39	210

Fuente. Elaboración propia.

7.4.6 Envasadora (En-01)

El polvo se envasa en paquetes de 1kg, debido a que los medicamentos utilizan una pequeña proporción de glucosamina, además este envase es de fácil manejo dentro de los laboratorios farmacéuticos.

Se adopta una máquina envasadora marca KUNTUR, debido a que es un equipo de alta velocidad para dosis medias.

Su sistema de dosificación, consiste en canales vibratorios independientes que aseguran el paso uniforme de producto desde la tolva de alimentación hacia las balanzas logrando una alta precisión de pesado. Este método es el más adecuado para productos de muy diferentes formas y granulometrías. La operación de pesaje se realiza por medio de cuatro balanzas electrónicas que tienen incorporadas celdas de carga, comandadas a través del panel digital.



Tabla 7.55. Especificaciones técnicas de la máquina envasadora.

Especificaciones técnicas	
Modelo	XK-40CCA
Requerimiento eléctrico	220 VCA 9 Amp (1,98 kW)
Requerimiento neumático	300 litros /minuto a entre 4,5 y 6,5 Bars
Velocidad máxima	70 paquetes por minuto
Regule de velocidad	Neumático
Capacidad tolva	50 litros
Canales vibratorios	4 controlados digitalmente
Rango de pesado	de 20 a 1.000 gramos
Control de peso	Por celda de carga
Envase mínimo	50 x 50 mm
Envase máximo	225 x 340 mm
Formadores de envase	11 intercambiables (*)
Tipo de envase	Almohada o fondo plano (*)
Largo de envase	Regule mecánico o por sensor óptico
Centrado de impresión	Mecánico por tornillo
Modo de sellado	Resistencia de calor constante o por pulsos (*)
Tracción de lámina	Por mordazas de acción neumática
Carro portabobina	Con freno neumático
Altura	2920 mm
Ancho	1200 mm
Profundidad	1600 mm

(*) el equipo base incluye solo una de las opciones

Fuente. <http://www.kuntursa.com.ar/#!/-xk-40cca/>



Figura 7.15. Máquina envasadora KUNTUR.
Fuente. <http://www.kuntursa.com.ar/#!/~-xk-40cca/>

7.4.7 Transporte mecánico (X-01)

Se utiliza un transportador tornillo sinfín para trasladar el polvo de glucosamina desde el equipo de secado hasta el tanque de almacenamiento.

Para la adopción del mismo es necesario conocer los parámetros que se especifican en la siguiente Tabla.

Tabla 7.56. Parámetros a tener en cuenta para la elección del tornillo sinfín.

Parámetro	Valor
Caudal másico	116,36 kg/h
Densidad del polvo	720 kg/m ³
Caudal volumétrico	0,16 m ³ /h
Longitud	3,40 m
Inclinación	28°
Altura de la instalación	1,60 m

Fuente. Elaboración propia.

En base a estos parámetros se adopta un transportador sinfín con tubo rígido marca GIMAT, debido a que cuenta con las siguientes características:



- Perfecta idoneidad para transportar productos químicos/alimentarios en construcciones de acero inoxidable.
- Auto-sostenible entre dos tramos.
- Tiene la opción de introducir curvas calandradas.
- Sencillez mecánica y larga duración en el tiempo.
- Está exento de dispersión de polvos.
- Idóneo para transportes horizontales e inclinados.
- Carga y descarga a lo largo de todo el recorrido.

Se selecciona un transportador sinfín con tubo rígido de acero al carbono o de acero inoxidable 304 o 316. Su espiral rotativo, al igual que las carpinterías de carga y descarga del producto es de acero al carbono o de acero inoxidable 304 o 316 según el tipo de tubo rígido utilizado.

Aunque el tubo es rígido la espiral es de tipo flexible, lo cual permite adaptarse fácilmente a la granulometría del material transportado y asimismo seguir fielmente la geometría del tubo cuando el recorrido presenta curvas calandradas.

En la siguiente Tabla se mencionan las especificaciones técnicas del equipo seleccionado.

Tabla 7.57. Especificaciones técnicas del transportador sinfín.

Especificaciones técnicas	
Modelo	TRS.50
Capacidad volumétrica máxima	0,26 m ³ /h
Capacidad máxima*	160 kg/h
Diámetro externo	500 mm
Velocidad	415 rpm

*Para la capacidad se considera una densidad aparente de 600 kg/m³

Fuente. <http://www.gimatengineering.com/es/transporte-de-polvos/transportadores-sinfin-con-tubo-rigido>

Se calcula la potencia requerida para este equipo con la siguiente ecuación (García, 2001).

$$P = \frac{Q(Co.L + H)}{367} + \frac{D.L}{20}$$

Donde:

Q: Caudal másico (t/h)

L: Longitud del tornillo (m)

H: Altura de la instalación (m)

D: Diámetro del tornillo (m)

Co: Coeficiente de resistencia del material

P: Potencia (kW)



Tabla 7.58. Parámetros para el cálculo de la potencia del motor del transportador sinfín.

Parámetro	Valor
Q	0,116 t/h
L	3,40 m
H	1,60 m
D	0,048 m
Co	1,6
P	0,01 kW

Fuente. Elaboración propia.



Figura 7.16. Transportador sinfín con tubo rígido.

Fuente. <http://www.gimatengineering.com/wp-content/uploads/2014/08/SPIRAL-RIGID-CONVEYORS.pdf>

7.4.8 Sistema de limpieza CIP (A-01)

El objetivo del sistema CIP es la eliminación de los residuos orgánicos del sistema de procesamiento.

El sistema de limpieza CIP (Cleaning In Place) es un sistema de lavado automático in situ, es decir sin desmontaje del equipo de producción, que consiste en recircular la solución de limpieza a través de los componentes de la línea de proceso como tuberías, intercambiadores de calor, bombas, válvulas, etc. La solución de limpieza pasa a gran velocidad por la línea, generando la fricción requerida para eliminar la suciedad. Siempre hay que tener en cuenta que la solución sea adecuada para todas las superficies por las que circulará y evitar que se acumule en el fondo de los equipos porque pierde su poder esterilizador.

Se adopta un equipo de limpieza CIP marca BIONET. El mismo está pensado para asegurar una limpieza completa, automática y trazable de las líneas, tanques, reactores y unidades de proceso. Su diseño parte de una ingeniería



de proceso, equipos y software de control probados, y se adapta a las especificaciones de cada industria.

Tabla 7.59. Especificaciones técnicas del sistema de limpieza CIP.

Especificaciones técnicas	
Modelo	C-3000
Volumen de los equipos a limpiar	2000 a 5000 l
Velocidad del fluido	4 a 8 m ³ /h
Potencia de accionamiento	3 a 6 kW
Potencia de la bomba de retorno	1,5 kW
Volumen de los tanques	700 a 800 l
Tipo	Fijos
Número de tanques	1 o 2
Número de picos aspersores recomendados	1 o 2
Potencia de calefacción	40 a 60 kW
Fuente de calor	Vapor
Número de bombas dosificadoras	2 o 3
Tipo de bombas dosificadoras	Bombas de diafragma
Suministro de vapor	75 kg/h
Dimensiones de los tanques (P x H x A)	1775 x 2700 x 1500 mm

Fuente. http://www.bionet.com/documentos/archivos/CIP_ENG.pdf



Figura 7.17. Sistema de limpieza CIP.

Fuente. http://www.bionet.com/documentos/archivos/CIP_ENG.pdf

7.4.9 Bombas

Los fluidos se transportan generalmente por el interior de tubos o tuberías de sección circular, que existen en una amplia variedad de tamaños, espesor de pared y materiales de construcción.

Los métodos que se utilizan para unir tubos y tuberías, dependen en parte de las propiedades del material de construcción, pero sobre todo del espesor de la pared. Las tuberías de paredes gruesas, se conectan entre sí por medio de accesorios roscados, bridas o soldaduras. Las piezas de pared delgadas se unen por soldadura, compresión o accesorios cónicos. Además, se utilizan en el proceso un gran número de válvulas para disminuir o detener el flujo de un fluido. Los dos tipos más utilizados son:

- **Válvula de asiento:** son utilizadas para controlar la velocidad de flujo de un fluido, haciendo que el fluido cambie varias veces de dirección. La caída de presión es grande en este tipo de válvulas.
- **Válvula de retención:** permite el flujo solamente en una dirección. Se abre debido a la presión del fluido en una determinada dirección, cuando se detiene el flujo o tiende a invertirse, la válvula cierra automáticamente.



Es indispensable que se incluya en la descarga, una válvula de asiento, que permita regular el caudal cuando sea necesario y una válvula de retención para evitar el golpe de ariete cuando sea necesario cortar la circulación del fluido.

Debido a los accesorios y válvulas colocados y las diferencias de nivel en el sistema de conducción se producen pérdidas de carga en el transporte del fluido, por lo que es necesario colocar bombas (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

Las bombas se instalan en la conducción y suministra la energía necesaria para succionar un fluido de un recipiente que se encuentra a menor presión o altitud y trasladarlo a otro de mayor presión o altitud. Los dos tipos más importantes se detallan a continuación.

- **Bomba centrífuga:** la energía mecánica del líquido se aumenta por acción centrífuga. El líquido penetra a través de una unión de succión, concéntrica con el eje de un impulsor o rodete que gira a gran velocidad. El rodete está provisto por álabes radiales solidarios con el mismo. El líquido circula hacia afuera, por el interior de los espacios que existen entre los álabes, y abandona el rodete con una velocidad mucho mayor que a la que entra en el mismo.
Las bombas centrífugas resultan elemento indispensable en las instalaciones de abastecimiento de agua, en la impulsión de toda clase de líquidos, ya sean viscosos, corrosivos, jugos de frutas, leche, etc., en las instalaciones industriales.
- **Bomba de desplazamiento positivo:** un volumen determinado de líquido queda encerrado en una cámara la cual alternativamente se llena por la entrada y se vacía a una presión más alta a través de la descarga. Las bombas de desplazamiento positivo funcionan con bajas capacidades y altas presiones en relación con su tamaño y costo. Este tipo de bomba resulta más útil para presiones extremadamente altas, para operación manual, para descargas relativamente bajas, para operación a baja velocidad, para succiones variables y para pozos profundos cuando la capacidad de bombeo requerida es muy poca.

Debido a que, como se mencionó, la función básica de toda bomba es la de transportar un fluido, las características de funcionamiento y los medios de acción sobre el líquido deben estar estrechamente relacionados con las características del fluido en cuestión. Ello se refleja en las ecuaciones empleadas para el cálculo, lo que puede apreciarse a continuación.

El cálculo comienza teniendo en cuenta la ecuación de Bernoulli corregida para tener en cuenta la fricción del fluido (Mataix, 1982).



$$H + \frac{p_a}{\rho \cdot g} + Z_a + \frac{V_a^2}{2 \cdot g} = \frac{p_b}{\rho \cdot g} + Z_b + \frac{V_b^2}{2 \cdot g} + h_f$$

Donde:

H: altura efectiva de la bomba (ideal)

p_a y p_b : presión sobre el fluido en los puntos de succión y descarga respectivamente

ρ : densidad del fluido

Z_a y Z_b : altura del nivel del líquido en los puntos de succión y descarga respectivamente

V_a y V_b : velocidad lineal del fluido en los puntos de succión y descarga respectivamente

h_f : pérdidas por fricción

g : aceleración de la gravedad

El primer paso, es el cálculo de los diámetros de las tuberías de succión (D_1) y de impulsión (D_2), utilizando la siguiente ecuación (Warring, 1977).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot V}}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería

Q_m : Caudal másico del líquido

V: Velocidad en la tubería de succión o de impulsión

Se adoptan las velocidades del líquido a la entrada de la bomba (V_1) y a la salida de la misma (V_2) según Tabla 8.1 Mc Cabe, Smith (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición). Con los diámetros calculados se obtienen del apéndice 6 los diámetros nominales (D_s y D_i), y las características de la tubería de succión e impulsión de la bomba (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición). Una vez obtenidos estos datos se recalculan las velocidades a la entrada y a la salida de la bomba (V_s y V_i), utilizando las ecuaciones que se expresan a continuación.

$$V = \frac{Q_m}{\rho \cdot A}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$



Donde:

A: Área de succión o de impulsión de la tubería

El segundo paso, es el cálculo del número de Reynolds para determinar el tipo de flujo del fluido tanto en la tubería de entrada como en la tubería de salida de la bomba (N_{Res} y N_{Rei}), con la siguiente ecuación.

$$N_{Re} = \frac{D \cdot \rho \cdot V}{\mu}$$

Donde:

μ : Viscosidad de la solución

El tercer paso, es el cálculo de la pérdida de carga en la tubería de succión (h_{fs}) y de impulsión (h_{fi}), utilizando las siguientes ecuaciones (Ocon García & Tojo Barreiro).

$$h_f = 4 \cdot f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

L: Longitud total de la cañería de succión o de impulsión

f: Factor o coeficiente de fricción

En donde L se calcula como la longitud del tramo de tubería recta más la longitud equivalente correspondiente a los accesorios incluidos en dicho tramo (codos, válvulas, etc.). Para el cálculo de la longitud equivalente de los accesorios se utiliza el gráfico 1-2 (Ocon García & Tojo Barreiro).

Si el flujo es laminar, el coeficiente de fricción se calcula con la siguiente ecuación (Ocon García & Tojo Barreiro).

$$f = \frac{64}{N_{Re}}$$

Si el flujo es turbulento, el coeficiente de fricción se determina obteniendo la rugosidad relativa de la tubería (ϵ/D) en el gráfico 1-3 y luego se procede a buscar f en el gráfico 1-4 (Ocon García & Tojo Barreiro).

El cuarto paso consiste en calcular la pérdida de carga total exterior a la bomba (h_f), con la siguiente ecuación.

$$h_f = h_{fs} + h_{fi} + \frac{V_i^2}{2 \cdot g}$$



Para así determinar la altura útil o efectiva de la bomba (H), simplificando los términos despreciables de la ecuación de Bernoulli.

$$H = Z_b + h_f$$

En el sexto paso se calcula la potencia útil (P_u) y necesaria (P_n) de la bomba, con las ecuaciones que se expresan a continuación (Mataix, 1982).

$$P_u = Q_m \cdot g \cdot H$$

$$P_n = \frac{P_u}{\eta}$$

Donde:

η : Rendimiento global de la bomba

El rendimiento global de la bomba η , en las bombas centrífugas varía con el caudal y la altura de elevación. Un valor medio para cálculos aproximados es 70 %.

Por último, se procede a calcular la altura de aspiración disponible de la bomba (NPSH) (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

$$NPSH = \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1 - p_v}{\rho}$$

Donde:

p_1 : Presión en la tubería de succión

p_v : Presión de vapor

Este valor debe ser mayor que cero y generalmente, por lo menos, de algunos metros para que no se produzca la cavitación dentro de la bomba (McCabe, Smith, & Harriott, 4ta edición).

Las características de las corrientes del proceso se expresan en la siguiente Tabla 7.56. A partir de estos datos es posible determinar el diámetro de tubería más apropiado para cada tramo y realizar los demás cálculos. El material seleccionado para la tubería es, en todos los casos, acero comercial.



Tabla 7.5. Característica de las corrientes y ubicación de las bombas.

Codificación	Corriente	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (kg/m.s)
B-01	Corriente desde tanque de almacenamiento de biomasa al reactor	1541,06	1271,66	0,039
B-02	Corriente desde tanque de almacenamiento de HCl al reactor	3467,39	1149,8	0,0008
B-03	Corriente desde el reactor al tanque de almacenamiento auxiliar	5008,45	973,58	0,027
B-04	Corriente desde tanque de almacenamiento auxiliar al primer filtro/ Corriente desde tanque de almacenamiento auxiliar al segundo filtro	5008,45 /551,22	973,58 /981,60	0,027 /0,002
B-05	Corriente desde primer filtro al evaporador	5019,49	972,7	0,001
B-06	Corriente desde evaporador al cristizador	1031,34	1041,9	0,00046
B-07	Corriente desde cristizador a primera centrífuga	1031,34	999,98	0,005
B-08	Corriente desde primera centrífuga al primer purificador/ Corriente desde la primera centrífuga al segundo purificador	524,98 /503,98	999,98 /958,94	0,0013 /0,0015
B-09	Corriente desde primer purificador al tanque de almacenamiento auxiliar	1102,44	940,52	0,002
B-10	Corriente desde segundo filtro a la primera centrífuga	501,48	995,52	0,0015

Fuente. Elaboración propia. *Debido a que es un proceso batch, en algunos casos se calcula, de acuerdo al tiempo que transcurre en llevar la solución de un equipo a otro, la cantidad de masa que debería circular por hora.



Tabla 7.5. Característica de las corrientes y ubicación de las bombas.(continuación)

Codificación	Corriente	Caudal (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (kg/m.s)
B-11	Corriente desde purificadora secundaria a la segunda centrífuga	755,98	850,22	0,0018
B-12	Corriente desde la segunda centrífuga al equipo de secado	245,9	731,38	0,002
B-13	Corriente de biomasa trasladada desde planta de ácido cítrico hasta tanques de almacenamiento	1541,06	1271,66	0,039

Fuente. Elaboración propia. *Debido a que es un proceso batch, en algunos casos se calcula, de acuerdo al tiempo que transcurre en llevar la solución de un equipo a otro, la cantidad de masa que debería circular por hora.

Por las características de las corrientes se adoptan bombas centrífugas.

7.4.9.1 Bomba B-01

Tabla 7.60. Características del sistema para la instalación de la bomba B-01.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	6,00 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	4,56 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	3,00 m
Longitud equivalente de 2 codos rectos	3,04 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,20 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.61. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-01.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	1" Catálogo N° 40
V_s	0,60 m/s
L_{es}	10,56 m
N_{Res}	525
f_s	0,12
h_f	3,60 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	1,72 m/s
L_{ei}	15,24 m
N_{Rei}	885
f_i	0,072
h_{fi}	3,08 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	6,82 m
Z_b	3,00 m
H	9,82 m
POTENCIA	
P_u	41,26 W
P_m	58,93 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	47530 kg/m ²
p_v	3927,60 kg/m ²
NPSH	34,30 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.62. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	Saci
Modelo	HK 10 T
Voltaje	3x230-240 V
Potencia máxima	1,02 kW
Potencia nominal	0,75 kW
Altura manométrica máxima	15,00 m
Presión máxima	600 kPa
Rango de temperatura del líquido	-15 a 110 °C
Peso	13,80 kg

Fuente: <http://www.sacipumps.com/DESCARGAS/General%20Catalogue%202016.pdf>

7.4.9.2 Bomba B -02

Tabla 7.63. Características del sistema para la instalación de la bomba B-02.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	6,00 m
Longitud equivalente de dos codos rectos	2,60 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	6,50 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	2,25 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	8,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	2,20 m
Longitud equivalente de intercambiador de calor	2,96 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.64. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-02.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	1 1/4" Catálogo N° 40
V_s	0,87 m/s
L_{es}	8,60 m
N_{Res}	$4,374 \times 10^4$
ϵ/D_s	0,0015
f_s	0,027
h_{fs}	1,02 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	3/4" Catálogo N° 40
V_i	2,43 m/s
L_{ei}	21,91 m
N_{Rei}	$7,324 \times 10^4$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,025
h_{fi}	2,40 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	3,72 m
Z_b	3,00 m
H	6,72 m
POTENCIA	
P_u	63,51 W
P_m	90,73 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	43740 kg/m ²
p_v	1359,51 kg/m ²
NPSH	36,89 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.65. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga horizontal de arrastre magnético
Descripción	Bomba utilizada con líquidos químicamente agresivos excluyendo todo riesgo de pérdidas externas. Gracias a su acoplamiento magnético y a la ausencia de sellos dinámicos, este tipo de bombas garantiza operaciones seguras y un mantenimiento mínimo.
Marca	Sabino Barbera
Modelo	BM04
Potencia máxima	0,12 kW
Altura manométrica máxima	7,00 m
Caudal máximo	3,00 m ³ /h

Fuente. <http://www.savinobarbera.com/espanol/pompe-magnetice/>

7.4.9.3 Bomba B-03

Tabla 7.66. Características del sistema para la instalación de la bomba B-03.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,50 m
Longitud equivalente de un codo recto	1,50 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	4,50 m
Longitud equivalente de 2 codos rectos	1,60 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	9,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	2,00 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.67. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-03.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	2" Catálogo N° 40
V_s	0,66 m/s
L_{es}	4,00 m
N_{Res}	$1,250 \times 10^3$
f_s	0,051
h_{fs}	0,35 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1" Catálogo N° 40
V_i	2,56 m/s
L_{ei}	17,10 m
N_{Rei}	$2,463 \times 10^3$
f_i	0,026
h_{fi}	0,75 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	1,43 m
Z_b	3,00 m
H	4,43 m
POTENCIA	
P_u	60,51 W
P_m	86,44 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	38770 kg/m^2
p_v	6819 kg/m^2
NPSH	32,84 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.68. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	Saci
Modelo	K 5 T
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,64 kW
Potencia nominal	0,37 kW
Altura manométrica máxima	8,00 m
Presión máxima	600 kPa
Rango de temperatura del líquido	-15 a 110 °C
Peso	10,00 kg

Fuente. <http://www.sacipumps.com/DESCARGAS/General%20Catalogue%202016.pdf>

7.4.9.4 Bomba B-04

Tabla 7.69. Características del sistema para la instalación de la bomba B-04.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	3,00 m
Longitud equivalente de 2 codos rectos	3,00 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	13,00 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	9,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	2,00 m
Longitud equivalente de intercambiador de calor	0,64 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.70. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-04.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	2" Catálogo N° 40
V_s	0,66 m/s
L_{es}	6 m
N_{Res}	$1,250 \times 10^3$
f_s	0,051
h_{fs}	0,52 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1" Catálogo N° 40
V_i	2,56 m/s
L_{ei}	24,64 m
N_{Rei}	$2,463 \times 10^3$
f_i	0,026
h_{fi}	1,08 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	1,93 m
Z_b	1,40 m
H	3,34 m
POTENCIA	
P_u	45,56 W
P_m	65,09 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	23490 kg/m ²
p_v	6819 kg/m ²
NPSH	17,15 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.71. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	Saci
Modelo	K 5 T
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,64 kW
Potencia nominal	0,37 kW
Altura manométrica máxima	8,00 m
Presión máxima	600 kPa
Rango de temperatura del líquido	-15 a 110 °C
Peso	10,00 kg

Fuente. <http://www.sacipumps.com/DESCARGAS/General%20Catalogue%202016.pdf>

7.4.9.5 Bomba B-05

Tabla 7.72. Características del sistema para la instalación de la bomba B-05.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,00 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	9,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	2,00 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.73. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-05.

Parámetro	Valor
tubería de succión	
D_s	2" Catálogo N° 40
V_s	0,66 m/s
L_{es}	2,00 m
N_{Res}	$3,381 \times 10^4$
ϵ/D_s	0,0009
f_s	0,024
h_{fs}	0,08 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1" Catálogo N° 40
V_i	2,57 m/s
L_{ei}	16,00 m
N_{Rei}	$6,664 \times 10^4$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,025
h_{fi}	0,68 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	1,10 m
Z_b	1,00 m
H	2,10 m
POTENCIA	
P_u	28,72 W
P_m	41,03 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	19660 kg/m ²
p_v	51,66 kg/m ²
NPSH	20,18 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.74. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba utilizada para el abastecimiento de agua doméstica y líquidos no agresivos, abastecimiento agrícola e industrial, grupos de presión y contra incendios, aire acondicionado, lavado a presión y torres de refrigeración. Incorporadas a diferentes tipos de maquinaria industrial.
Marca	EBARA
Modelo	32-125/0.25
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	4,00 kW
Potencia nominal	0,25 kW
Altura manométrica máxima	5,00 m
Presión máxima	1000 kPa
Rango de temperatura del líquido	-5 a 90 °C

Fuente. [http://ebara.es/wp-content/uploads/2015/03/SERIE3D\(completa\)/SERIES3D.pdf](http://ebara.es/wp-content/uploads/2015/03/SERIE3D(completa)/SERIES3D.pdf)

7.4.9.6 Bomba B-06

Tabla 7.75. Características del sistema para la instalación de la bomba B-06.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,50 m
Longitud equivalente de un codo recto	0,60 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	8,00 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	1,20 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,50 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,30 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.76. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-06.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	3/4" Catálogo N° 40
V_s	0,80 m/s
L_{es}	3,10 m
N_{Res}	$3,789 \times 10^4$
ϵ/D_s	0,0018
f_s	0,027
H_{fs}	0,52 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	2,23 m/s
L_{ei}	16,00 m
N_{Rei}	$6,334 \times 10^4$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,027
h_{fi}	2,69 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	3,46 m
Z_b	3,50 m
H	6,96 m
POTENCIA	
P_u	19,57 W
P_m	27,95 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	45770 kg/m ²
p_v	805,91 kg/m ²
NPSH	43,19 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.77. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga sanitaria
Descripción	Bomba con alto rendimiento, realizada para el uso específico en los sectores alimentario, químico y farmacéutico.
Marca	CSF Inox
Modelo	CS 25-145
Potencia máxima	0,37 kW
Velocidad del motor	1450 rpm
Altura manométrica máxima	7,50 m
Presión máxima	1000 kPa
Peso	21,50kg

Fuente. <http://www.csf.it/gestione/documents/Public/Serie%20CS-CSX/Brochures/GB/DCATLCS-English.pdf>- http://global.johnson-pump.com/JPIIndustry/industry_pdfs/Centrifugal/TC_IM/IM_TCCS-ES.pdf

7.4.9.7 Bomba B-07

Tabla 7.78. Características del sistema para la instalación de la bomba B-07.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,00 m
Longitud equivalente de un codo recto	0,70 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	4,00 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	1,20 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,30 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.79. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-07.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	3/4" Catálogo N° 40
V_s	0,83 m/s
L_{es}	2,70 m
N_{Res}	$3,486 \times 10^3$
ϵ/D_s	0,0018
f_s	0,042
h_{fs}	0,77 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	2,33 m/s
L_{ei}	11,50 m
N_{Rei}	$5,827 \times 10^3$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,038
h_{fi}	2,95 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	3,99 m
Z_b	1,60 m
H	5,59 m
POTENCIA	
P_u	15,72 W
P_m	22,45 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	25680 kg/m ²
p_v	805,912 kg/m ²
NPSH	24,91 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.80. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga sanitaria
Descripción	Bomba con alto rendimiento, realizada para el uso específico en los sectores alimentario, químico y farmacéutico.
Marca	CSF Inox
Modelo	CS 25-145
Potencia máxima	0,37 kW
Velocidad del motor	1450 rpm
Altura manométrica máxima	7,50 m
Presión máxima	1000 kPa
Peso	21,50kg

Fuente. <http://www.csf.it/gestione/documents/Public/Serie%20CS-CSX/Brochures/GB/DCATLCS-English.pdf>- http://global.johnson-pump.com/JPIIndustry/industry_pdfs/Centrifugal/TC_IM/IM_TCCS-ES.pdf

7.4.9.8 Bomba B-08

Tabla 7.81. Características del sistema para la instalación de la bomba B-08.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	3,00 m
Longitud equivalente de un codo recto	0,70 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	9,50 m
Longitud equivalente de 2 codos rectos	0,80 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,30 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.82. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-08.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	3/4" Catálogo N° 40
V_s	0,42 m/s
L_{es}	3,70 m
N_{Res}	$6,824 \times 10^3$
ϵ/D_s	0,0018
f_s	0,036
h_{fs}	0,23 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	1,18 m/s
L_{ei}	16,60 m
N_{Rei}	$1,141 \times 10^4$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,031
h_{fi}	0,90 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	1,20 m
Z_b	2,00 m
H	3,20 m
POTENCIA	
P_u	4,58 W
P_m	6,55 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	29860 kg/m ²
p_v	6509 kg/m ²
NPSH	23,36 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.83. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	IWAKI
Modelo	(W) MD-15R
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,009 kW
Velocidad del motor	3100 rpm
Altura manométrica máxima	3,40 m
Presión máxima	50 kPa

Fuente. http://www.iwakiamerica.com/products/MD_SP.htm

7.4.9.9 Bomba B-09

Tabla 7.84. Características del sistema para la instalación de la bomba B-09.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	3,50 m
Longitud equivalente de un codo recto	0,80 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	8,20 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	1,20 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,30 m
Longitud equivalente de una T	1,50 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.85. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-09.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	1" Catálogo N° 40
V_s	0,58 m/s
L_{es}	4,30 m
N_{Res}	$7,318 \times 10^3$
ϵ/D_s	0,0017
f_s	0,036
h_{fs}	0,40 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	3/8" Catálogo N° 40
V_i	2,64 m/s
L_{ei}	17,20 m
N_{Rei}	$1,557 \times 10^4$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,031
h_{fi}	1,39 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	2,15 m
Z_b	3,00 m
H	5,15 m
POTENCIA	
P_u	15,48 W
P_m	22,11 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	37850 kg/m^2
p_v	1860 kg/m^2
NPSH	38,28 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.86. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	IWAKI
Modelo	(W) MD-30R
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,046 kW
Velocidad del motor	3150 rpm
Altura manométrica máxima	5,40 m
Presión máxima	50 kPa

Fuente. http://www.iwakiamerica.com/products/MD_SP.htm

7.4.9.10 Bomba B-10

Tabla 7.87. Características del sistema para la instalación de la bomba B-10.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,00 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	13,70 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	1,20 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,30 m
Longitud equivalente de una T	1,50 m
Longitud equivalente de intercambiador de calor	0,63 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.88. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-10.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	3/4" Catálogo N° 40
V_s	0,41 m/s
L_{es}	2,00 m
N_{Res}	$5,649 \times 10^3$
ϵ/D_s	0,0018
f_s	0,038
h_{fs}	0,12 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	1,14 m/s
L_{ei}	23,33 m
N_{Rei}	$9,444 \times 10^3$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,034
h_{fi}	1,27 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	1,46 m
Z_b	2,00 m
H	3,47 m
POTENCIA	
P_u	4,74 W
P_m	6,77 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	29780 kg/m ²
p_v	826,57 kg/m ²
NPSH	29,09 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.89. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	IWAKI
Modelo	(W) MD-20R
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,019 kW
Velocidad del motor	3100 rpm
Altura manométrica máxima	4,30 m
Presión máxima	50 kPa

Fuente. http://www.iwakiamerica.com/products/MD_SP.htm

7.4.9.11 Bomba B-11

Tabla 7.90. Características del sistema para la instalación de la bomba B-11.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,60 m
Longitud equivalente de un codo recto	0,70 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	8,00 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	1,20 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,30 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.91. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-11.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	3/4" Catálogo N° 40
V_s	0,72 m/s
L_{es}	3,30 m
N_{Res}	$7,097 \times 10^3$
ϵ/D_s	0,0018
f_s	0,036
h_{fs}	0,60 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	2,00 m/s
L_{ei}	15,50 m
N_{Rei}	$1,186 \times 10^4$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,033
h_{fi}	2,57 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	3,37 m
Z_b	2,50 m
H	5,87 m
POTENCIA	
P_u	12,09 W
P_m	17,27 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	30960 kg/m ²
p_v	2583 kg/m ²
NPSH	33,40 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.92. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	IWAKI
Modelo	(W) MD-20RZ
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,019 kW
Velocidad del motor	3100 rpm
Altura manométrica máxima	6,90 m
Presión máxima	50 kPa

Fuente. http://www.iwakiamerica.com/products/MD_SP.htm

7.4.9.12 Bomba B-12

Tabla 7.93. Características del sistema para la instalación de la bomba B-12.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	2,00 m
Longitud equivalente de un codo recto	0,40 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	3,00 m
Longitud equivalente de 3 codos rectos	1,20 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,00 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.94. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-12.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	3/4" Catálogo N° 40
V_s	0,76 m/s
L_{es}	2,40 m
N_{Res}	$3,473 \times 10^3$
ϵ/D_s	0,0018
f_s	0,042
h_{fs}	0,94 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	1,39 m/s
L_{ei}	10,20 m
N_{Rei}	$4,701 \times 10^3$
ϵ/D_i	0,0018
f_i	0,038
h_{fi}	3,63 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	4,67 m
Z_b	2,50 m
H	7,17 m
POTENCIA	
P_u	4,81 W
P_m	6,87 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	28060 kg/m ²
p_v	6406 kg/m ²
NPSH	29,63 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.95. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	IWAKI
Modelo	(W) MD-30RZ
Voltaje	3x230-400 V
Potencia máxima	0,046 kW
Velocidad del motor	3150 rpm
Altura manométrica máxima	11,00 m
Presión máxima	50 kPa

Fuente. http://www.iwakiamerica.com/products/MD_SP.htm

7.4.9.13 Bomba B-13

Tabla 7.96. Características del sistema para la instalación de la bomba B-13.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
Longitud de la cañería	10,00 m
Longitud equivalente de 2 codos rectos	3,04 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
Longitud de la cañería	6,00 m
Longitud equivalente de 1 codo recto	1,52 m
Longitud equivalente de una válvula de asiento abierta	5,00 m
Longitud equivalente de una válvula de retención abierta	1,20 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.97. Resultado de los cálculos del sistema para la instalación de la bomba B-13.

Parámetro	Valor
TUBERÍA DE SUCCIÓN	
D_s	1" Catálogo N° 40
V_s	0,60 m/s
L_{es}	13,04 m
N_{Res}	525
f_s	0,12
h_f	4,40 m
TUBERÍA DE IMPULSIÓN	
D_i	1/2" Catálogo N° 40
V_i	1,72 m/s
L_{ei}	13,72 m
N_{Rei}	885
f_i	0,072
h_{fi}	2,77 m
PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA	
h_f	7,36 m
Z_b	3,50 m
H	10,86 m
POTENCIA	
P_u	45,61 W
P_m	65,16 W
η	0,70
ALTURA DE ASPIRACIÓN DISPONIBLE	
p_1	53760 kg/m ²
p_v	3927,60 kg/m ²
NPSH	39,21 m

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 7.98. Características del equipo adoptado.

Equipo adoptado	
Tipo	Bomba centrífuga
Descripción	Bomba de impulsor simple diseñada para instalaciones domésticas, civiles, industriales y agrícolas, para aplicaciones de decantación mezclado e irrigación.
Marca	Saci
Modelo	HK 10 T
Voltaje	3x230-240 V
Potencia máxima	1,02 kW
Potencia nominal	0,75 kW
Altura manométrica máxima	15,00 m
Presión máxima	600 kPa
Rango de temperatura del líquido	-15 a 110 °C
Peso	13,80 kg

Fuente. <http://www.sacipumps.com/DESCARGAS/General%20Catalogue%202016.pdf>

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N° 8: Control de calidad

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



8.1 Introducción

Se considera de suma importancia contar con un sistema de gestión de la calidad (SGC), el cual comprende actividades mediante las cuales la organización identifica sus objetivos y determina los procesos y recursos requeridos para lograr los resultados deseados. El SGC gestiona los procesos que interactúan y los recursos, optimizando los mismos y permitiendo proporcionar valor y lograr resultados de las partes interesadas.

Control de calidad es parte de gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de calidad, los cuales están establecidos implícitamente y/u obligatoriamente. Para ello se realizan una serie de acciones sistemáticas necesarias para garantizar que el producto final cumplirá con los requisitos legales y/o reglamentarios.

Para asegurar la calidad se deben verificar los estándares de calidad a lo largo de las diferentes fases de desarrollo del producto, tanto de producto intermedio como del producto final, así como el control de las materias primas e insumos críticos.

Es de suma importancia dejar registro de los controles que se realizan en cada una de las etapas del proceso, como así también de los análisis efectuados. Pero más importante es aun que esta información se encuentre relacionada a cada lote elaborado para lograr la trazabilidad del producto en todo momento, incluso después del despacho el mismo. De esta manera, ante un desvío, se analizan las causas y se realizan las acciones correctivas para evitar su recurrencia.

Para el aseguramiento de la calidad la planta implementara Buenas prácticas manufactura de productos farmacéuticos BPM, POE (procedimientos operativos estandarizados), POES (procedimientos operativos estandarizados de saneamiento).

Mediante auditorías internas basadas en el cumplimiento de requisitos de normas, como ISO 9001, a cada uno de los procesos, lograra un verdadero control de los mismos y por ende del cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos.



8.2 Buenas prácticas de manufactura en productos farmacéuticos

8.2.1 Generalidades

Las BPM reúne los procedimientos generales que aplicados y mantenidos, crean condiciones de operación favorables para la fabricación de productos seguros. Dichos procedimientos, se aplican sobre condiciones higiene del establecimiento, comportamiento e higiene del personal, condiciones de elaboración, almacenamiento, y transporte de materias primas y productos terminados. (ANMAT, 2014).

Se implementan en la planta las BPM de productos farmacéuticos, el cumplimiento de las mismas garantizan la calidad, seguridad y eficacia de acuerdo a lo establecido por MERCOSUR.

Los productos farmacéuticos autorizados deben ser producidos solamente por establecimiento habilitados por la autoridad sanitaria competente y cuyas actividades serán inspeccionadas regularmente por la autoridad nacional. Las BPM son una herramienta válida que permite establecer criterios que abarcan diversos aspectos técnico-administrativos, de producción de control, higiene y seguridad y protección del medio ambiente (ANMAT, 2014).

Dentro del concepto de garantía de calidad, las buenas prácticas de fabricación y control (BPFC) constituyen el factor que asegura que los productos se fabriquen en forma uniforme y controlada, de acuerdo con las normas de calidad adecuadas al uso que se pretende dar a los productos, y conforme a las condiciones exigidas para su comercialización. Las reglamentaciones que rigen las BPFC, tienen por objeto principal disminuir los riesgos inherentes a toda producción farmacéutica que no pueden prevenirse completamente mediante el control final de los productos. Esencialmente, tales riesgos son de dos tipos: contaminación cruzada (en particular, por contaminantes imprevistos) y confusión (causada por la colocación de rótulos equivocadas en los envases).

Las BPFC exigen:

- a) Que todos los procesos de fabricación se definan claramente, se revisen sistemáticamente a la luz de la experiencia, y se compruebe que son el medio de fabricar productos farmacéuticos que tengan la calidad adecuada para cumplir con las especificaciones;
- b) Que se comprueben las etapas críticas de los procesos de fabricación y todo cambio significativo que se haya introducido en dichos procesos;



c) Que se disponga de todos los medios necesarios, incluyendo los siguientes: personal adecuadamente calificado y capacitado; infraestructura y espacio apropiados; equipos y servicios adecuados; materiales, envases y rótulos correctos; procedimientos e instrucciones aprobados; almacenamiento y transporte apropiados; y personal, laboratorios y equipos adecuados para efectuar los controles durante el proceso de producción, bajo la responsabilidad de la gerencia de producción.

d) Que las instrucciones y procedimientos se redacten en un lenguaje claro e inequívoco, que sea específicamente aplicable a los medios de producción disponibles;

e) Que los operadores estén capacitados para efectuar correctamente los procedimientos;

f) Que se mantengan registros durante la fabricación, para demostrar que todas las operaciones exigidas por los procedimientos e instrucciones definidos han sido en realidad efectuados y que la cantidad y calidad del producto son las previstas; cualquier desviación significativa debe registrarse e investigarse exhaustivamente;

g) Que los registros referentes a la fabricación y distribución, los cuales permiten conocer la historia completa de un lote, se mantengan de tal forma que sean completos y accesibles;

h) Que el almacenamiento y distribución de los productos sean adecuados para reducir al mínimo cualquier riesgo de disminución de la calidad;

i) Que se establezca un sistema que haga posible el retiro de cualquier producto, sea en la etapa de distribución o de venta;

j) Que se estudie todo reclamo contra un producto ya comercializado, como también que se investiguen las causas de los defectos de calidad, y se adopten medidas apropiadas con respecto a los productos defectuosos para prevenir que los defectos se repitan.

El control de calidad es la parte de las BPF, que se refiere al muestreo, especificaciones y ensayo, como también a los procedimientos de organización, documentación y autorización que aseguren que los ensayos necesarios y pertinentes realmente se efectúen y que no se permita la circulación de los materiales, ni se autorice la venta o suministro de los productos, hasta que su calidad haya sido determinada como satisfactoria. El control de calidad no se limita a las operaciones de laboratorio, sino que debe



estar presente en todas las decisiones concernientes a la calidad del producto (ANMAT, 2014).

8.2.2 Instalaciones

8.2.2.1 Diseño y construcción

Las instalaciones están diseñadas con la finalidad de permitir la elaboración de productos inocuos. Las mismas posibilitan que la limpieza se lleve a cabo de manera correcta, evitando la acumulación de polvo y suciedad, con una distribución de zonas que previene la contaminación cruzada.

El diseño permitirá el tránsito del personal sin inconvenientes, con los espacios y comodidades correspondientes.

La construcción se realizará teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad e higiene, para evitar posibles accidentes de trabajo y contaminaciones. Las paredes, techos, pisos y demás se construirán de materiales apropiadas para tal fin, no presentaran grietas, serán de fácil lavado y desinfección.

8.2.2.2 Áreas auxiliares

La planta cuenta con vestuarios para el personal, dentro del cual cada operario posee dos casilleros individuales. En uno de ellos se coloca la ropa de calle y en el otro la ropa de trabajo, evitando de esta manera una contaminación cruzada entre ambas. Además, hay sanitarios para personal masculino y femenino, con grifos automáticos para lavabos industriales, dispenser con jabón líquido antibacterial y descartables para el secado de manos.

8.2.2.3 Instalaciones para higiene del personal

Se cuenta con un ingreso sanitario principal, en la primera entrada a planta, el cual está provisto de lavabotas conformado por cepillo lavasuelas y cepillo para el lavado de caña, detergente y conexión de agua. Además, tiene lavabos con grifos automáticos y dispenser de jabón antibacterial y descartables para el secado de manos. En el recinto está colocada la cartelería indicando la metodología del correcto lavado de manos y con mensajes referentes a la importancia de la aplicación de las buenas prácticas de manufactura.

Desde este ingreso y en cada uno de los siguientes sectores productivos, se cuenta con un lavabo por sector el cual posee dispenser con jabón antibacterial y descartables para el secado de manos. Además, cada uno de ellos se encuentra acompañado de la cartelería arriba mencionada.



8.2.2.4 Instalaciones de limpieza y desinfección

Dentro de los sectores productivos se realizan las tareas de limpieza y desinfección por parte de los operarios. Se utilizan soluciones de soda cáustica y ácido nítrico para lavado de líneas con sistema CIP, y se emplean soluciones de hipoclorito de sodio para desinfecciones puntuales de elementos. Se utilizan espumas ácida y básica para limpieza de paredes y techos; y se emplea ácido peracético como desinfectante general de ambientes en todos los sectores a través de pulverizadores. El mismo también es usado inmediatamente antes de las elaboraciones en diferentes equipos y elementos para asegurar el estado aséptico que se requiere para el contacto con el producto.

Se cuenta con un sistema CIP (Clean in Place) que cuenta con dos tanques de acero inoxidable ubicados en el exterior de la planta, con soda cáustica y ácido nítrico.

8.2.2.5 Iluminación e instalaciones eléctricas

La iluminación en todos los sectores es a través de tubos fluorescentes con protección de seguridad de material plástico. De manera anual se realiza una medición de la intensidad de la iluminación para asegurar que la misma no resulte deficiente.

8.2.2.6 Ventilación

El sistema de ventilación que cuenta la planta es presurizado.

8.2.3 Almacenamiento

8.2.3.1 Almacenamiento del producto terminado

Los productos terminados se almacenan en un recinto separado de la producción, con la capacidad suficiente para permitir el orden y la limpieza del mismo.

Se controlaran las condiciones del depósito para asegurar que no se deteriore la calidad del producto.

Las devolución de los productos se ubicaran en un espacio delimitado para este fin, con cartelería que identifica inequívocamente que el material allí colocado se encuentra “restringido” y no debe utilizarse bajo ningún concepto.



8.2.3.2 Almacenamiento de sustancias peligrosas

Los productos químicos o sustancias que puedan representar un riesgo para la salud se almacenan bajo llave, la misma solo la posee la persona encargada de insumos, quien es el único responsable. Los mismos se encuentran debidamente identificados, ordenados, con cartelerita que indica tipo de sustancia y su peligrosidad.

8.2.3.3 Almacenamiento de residuos y materiales no comestibles

Los residuos y los materiales no comestibles que se generan en la planta se depositan en contenedores en la parte posterior del predio, los cuales son retirados semanalmente. Se realiza una separación en plásticos, cartones y metales, lo que permite reciclarlos.

Dentro de cada sector se cuenta con un contenedor de residuos con bolsa correspondiente, la cual es extraída del sector diariamente. Al final de la jornada no debe quedar ningún tipo de residuo de elaboración dentro de la planta ni correspondiente a los procesos de limpieza y desinfección.

8.2.4 Requisitos de higiene del establecimiento

8.2.4.1 Limpieza y Desinfección

Los productos para la limpieza y desinfección que se utilizan en el establecimiento se detallan en la tabla 8.1.

Tabla 8.1. Productos de limpieza empleados.

Producto	Descripción
Hidróxido de Sodio	Hidróxido de Sodio Líquido 27 % P/V
Hipoclorito de Sodio	Hipoclorito de Sodio uso industrial Mín. 100 g/l cloro activo
Ácido Fosfórico	Ácido Fosfórico 85 % p/p
Ácido Nítrico	Ácido Nítrico 60 % p/p
AQ3	Espuma Alcalina Clorada
AQ4	Espuma Desincrustante Ácido Líquido
AQ40	Detergente Limpiador manual
AQ30	Oxígeno Activo – Ácido Peracético

Fuente. Elaboración propia.

Cuando se llevan a cabo tareas de limpieza y/o desinfección se toman las siguientes precauciones:



- Se asegura que la producción esté completamente detenida y que se haya cortado la alimentación eléctrica. Se cubre adecuadamente los motores, tableros de control e instrumentos con bolsas de polietileno para proteger al operario de eventuales daños físicos.
- El operario que realiza las tareas de limpieza y/o desinfección debe poseer los elementos de protección personal (lentes de seguridad, guantes, barbijos, casco, zapatos de seguridad, etc.) según el área en que se encuentre.

8.2.4.2 Ausencia de animales domésticos

El predio se encuentra delimitado, con cerco perimetral que no permite la entrada de animales domésticos al establecimiento, el portón de acceso a la planta se abre únicamente para el ingreso de camiones y del personal y se cierra inmediatamente.

8.2.4.3 Sistema de control de plagas

El establecimiento cuenta con un programa eficaz y continuo de control de plagas que lo realiza una empresa tercerizada. La misma realiza los controles mensualmente, dejando constancia de los hallazgos encontrados, y advierte ante la presencia de algún problema, como alguna plaga. Deja documentado los productos químicos que utiliza, con su respectiva ficha técnica.

Aseguramiento de la calidad controla que todos los productos que utilicen sean los permitidos y que estén las fichas técnicas de los mismos.

8.2.5 Equipos y Utensilios

8.2.5.1 Materiales, Diseño y construcción

Todos los equipos y utensilios de la planta que se encuentran en contacto con el producto son de acero inoxidable.

El diseño, construcción y uso del equipo y utensilios evitan la presencia de sustancias extrañas en los productos, como ser: lubricantes, combustibles, fragmentos de metal, y cualquier otro tipo de contaminantes. Todos los equipos y utensilios deben ser usados únicamente para los fines que fueron diseñados. Los mismos son de materiales no porosos para su correcta limpieza y desinfección.



8.2.5.2 Equipos

Los equipos se encuentran instalados de forma tal que permiten mantener y facilitar la limpieza de estos y todos los espacios a su alrededor.

Están contruidos con materiales no tóxicos y diseñados para el empleo de productos de limpieza y agentes desinfectantes.

Las uniones no permitirán la acumulación de residuos y partículas, evitando de esta forma la proliferación de microorganismos.

8.2.5.3 Utensilios

Todos los utensilios empleados en el proceso de producción y que puedan entrar en contacto con las materias primas o los productos semielaborados o terminados, son de material que no permiten la transferencia de sustancias tóxicas, olores ni sabores, resistente a la corrosión, y capaz de resistir repetidas operaciones de limpieza y desinfección. Las superficies serán lisas y exentas de hoyos y grietas. No se utilizará madera u otros materiales que no se puedan lavar ni desinfectar correctamente.

8.2.5.4 Instrumentos y Controles

La planta contará con instrumentos para medir, regular, y registrar temperatura, pH, humedad u otras condiciones a verificar. Los mismos deberán ser precisos, para ello se realizaran validaciones y calibraciones periódicas.

8.2.5.5 Requisitos sanitarios y de higiene del personal

Se realizarán capacitaciones periódicas de BPM a todo el personal involucrado en el proceso de elaboración.

8.2.5.6 Estado de salud

Cuando se contrata al personal, se realiza un examen médico en donde se constata el estado de salud en general y que no posea ninguna enfermedad que pueda afectar la inocuidad del producto. Se le solicita la libreta sanitaria, la cual se renovará todos los años.

8.2.5.7 Higiene personal

El personal será provisto de la vestimenta adecuada para cada sector. Las personas que trabaja en planta utilizan ropa blanca, botas, delantal, cofia. En el sector que lo requiera usara protectores auditivos y barbijo.



Cuando el personal de mantenimiento requiera ingresar a la planta se colocara la indumentaria y las medidas de higiene correspondiente para el ingreso a la misma.

Todo persona que ingrese, no lo podrá hacer con ningún tipo de bijouterie, relojes, llaveros, ni tener las uñas pintadas.

8.2.5.8 Lavado de manos

Toda persona que ingresa a planta debe realizar un lavado de manos en el paso sanitario. Debe higieniza sus manos cada cierto periodo de tiempo y desinfectárselas con alcohol al 75%.

8.2.5.9 Conducta personal

Dentro de la planta no se podrá comer, fumar, salivar u otras prácticas antihigiénicas. El personal cuenta con su descanso reglamentario para realizar estas actividades.

8.2.5.10 Guantes

No se utilizaran guantes en ninguna área salvo en caso de que el operario presente algún tipo de heridas.

Se emplearan guantes, como protección, cuando se deba manipular productos químicos.

8.2.5.11 Visitantes

Las visitas que ingresen a plantan deben contar con guardapolvo, cofia, botas o colocarse cubre calzados, y para el sector de la planta que lo requiere, protectores auditivos y barbijo.

No puede utilizar objetos personales como: bijouterie, relojes, llaveros, ni tener las uñas pintadas. Se abstendrán de tocar equipos, utensilios, materias primas o productos procesados. No pueden comer ni fumar.

8.2.5.12 Supervisión

Se controlara diariamente el cumplimiento de los requisitos sanitarios por parte de los operarios y cada vez que ingresen visitas a planta, como así también que estén disponibles todos los elementos necesarios para el correcto cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.



8.2.6 Aseguramiento y control de calidad

Los controles de calidad permiten asegurar y mejorar la calidad del producto elaborado. Para ellos se realizan muestreos aleatorizados, con sustento estadísticos que permiten controlar la producción, detectar desvíos para su inmediata corrección y asegurar la inocuidad de producto.

Se efectúa un plan de control de calidad en el cual se detallan todos los controles que se realizarán a las materias primas e insumos para asegurar de que cumplan con las especificaciones pre establecidas y para control sobre los proveedores; durante el proceso para chequear las variables del mismo, y al producto elaborado como medio de verificación de la correcta implementación de BPM en todo el proceso productivo y aseguramiento de que cumpla con los requisitos de inocuidad y composición del producto terminado.

Los controles se registran en los formularios que se presentan en el Anexo III. Registros. Los cuales son chequeados diariamente por el responsable de producción y archivados durante la vida útil del producto.

Todos los métodos de análisis y valores establecidos se encuentran en la Farmacopea Argentina, Farmacopea Europea, Farmacopea Británica y Farmacopea Estadounidense. Las técnicas empleadas se detallan en el Anexo IV. Técnicas.

8.2.6.1 Controles a materias primas, insumos directos y críticos

Antes de realizar el alta a un proveedor se le solicita al mismo la habilitación, ficha de seguridad y ficha técnica de cada uno de los insumos y/o materia prima que proveerá.

Cada vez que se reciben los mismos, antes de su descarga, se corrobora que se encuentren perfectamente identificados y que estén acompañados de los protocolos correspondientes a cada uno de los lotes recibidos. De esta manera se logra tener trazabilidad, del empleo de los mismos, en cada uno de los lotes elaborados.

El aseguramiento de la calidad de estos es de suma importancia ya que de ellos dependerá la calidad e inocuidad del producto final. Partiendo de este criterio, se realizarán los análisis indicados en las tablas 8.2, 8.3 y 8.4. Para corroborar que cumplan con las especificaciones pre establecidas.



Tabla 8.2. Plan de controles para los insumos críticos.

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Hidróxido de sodio	Densidad	1,17+/-0,05 g/cm ³	T-09	Mensualmente	FO-IC/01	Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
	Concentración	27 +/- 1%p/V	T-11	Mensualmente	FO-IC/01	Reclamar al proveedor		
Hipoclorito de sodio	Densidad	1,11 +/- 0,3 g/cm ³	T-09	Mensualmente	FO-IC/02	Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
	Cloro activo	40 +/-1 g/l	T-12	Mensualmente	FO-IC/02	Reclamar al proveedor		
Ácido Nítrico	Densidad	1,35 +/-0,2 g/cm ³ a20°C	T-09	Mensualmente	FO-IC/03	Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
	Concentración	60 +/-1 %p/p	T-13	Mensualmente	FO-IC/03	Reclamar al proveedor		

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 8.3. Plan de controles a insumos directos.

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Agua des ionizada	Conductividad	$\leq 1,3 \mu\text{S/cm}$	T-24	En cada recepción	FO-ID/01	Realizar PNC. Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
	pH	5--7	T-10	En cada recepción	FO-ID/01	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
	Endotoxinas bacterianas	0,25+/-0,2 UE/ml	T-08	En cada recepción	FO-ID/01	Realizar PNC. Rechazar		
Alcohol etílico	Densidad	789 +/-5 kg/m ³	T-09	En cada recepción	FO-ID/02	Realizar PNC. Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
Carbón activado	Poder de absorción	$\geq 40\text{g}/100\text{g}$	T-16	En cada recepción	FO-ID/03	Realizar PNC. Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
	Densidad	0,26 a 0,65 g/cm ³	T-09	En cada recepción	FO-ID/03	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
	Tamaño de partícula	100 +/-5 μ	T-17	En cada recepción	FO-ID/03	Reclamar al proveedor		
	pH	Neutro	T-10	En cada recepción	FO-ID/03	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
	Contenido de Cenizas totales	3--15 (% de materia seca)	T-20	En cada recepción	FO-ID/03	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 8.3. Plan de controles a insumos directos (continuación)

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Carbón activado	Recuentos total de aerobios	≤ 1000 UFC	T-04	En cada recepción	FO-ID/03	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio
	Recuento total de hongos y levaduras	≤ 100 UFC	T-07	En cada recepción	FO-ID/03	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos	Analista del laboratorio

Fuente. Elaboración propia.

Controles a insumos empleados para el envasado del producto final: El material empleado para el envasado se almacena en el depósito de insumos, el cual posee todas las medidas de seguridad e higiene para garantizar el correcto almacenamiento. Se verifica a través de las fichas técnicas enviadas por los proveedores que la composición del material es el adecuado. El mismo debe ser impermeable, resístete a la luz y no poseer ninguna sustancia que pueda ser transferida al producto.

Los envases son inspeccionados cada vez que ingresan a planta, se verifica el correcto estado del mismo y que cumplan con las especificaciones establecidas.



Tabla 8.4. Plan de control para la materia prima.

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
HCL 35%	Apariencia	Transparente. Incoloro	T-14	En cada recepción	F0-MP/01	Realizar AC. Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio
	Concentración	35 +/- 1 %	T-15	En cada recepción	F0-MP/01	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
	Densidad	1184 +/- 0.80 g/ml a 20°C	T-09	En cada recepción	F0-MP/01	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
	pH	1.1 +/- 0.1 (solución acuosa 0.1N a 20°C)	T-10	En cada recepción	F0-MP/01	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
Biomasa	pH	1,8-1,9	T-10	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Reclamar al proveedor	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio
	Temperatura	5°C-10°C	Termómetro	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Reclamar al proveedor		
	Staphylococcus Aureus	<100 UFC	T-01	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Rechazar		

Fuente. Elaboración propia



Tabla 8.4. Plan de control para la materia prima (continuación)

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Biomasa	Pseudomonas Aeruginosa	<100 UFC	T-02	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio
	Bacillus Subtilis	<100 UFC	T-05	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio
	Candida Albicans	<100 UFC	T-03	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio
	Aspergillus Brasiliensis	<100 UFC	T-07	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio
	Escherichia Coli	Ausencia	T-06	En cada recepción	F0-MP/02	Realizar PNC. Rechazar	Responsable de recepción de insumos y MP	Analista del laboratorio

Fuente. Elaboración propia



8.2.6.2 Controles de las variables del proceso

Se establecen las variables a controlar en cada etapa y las especificaciones que deben cumplir para obtener producto final con las características establecidas. Muchos de los controles se realizan por control automático logrando mayor exactitud de las mediciones. En Tabla 8.5 se detalla los parámetros a controlar para detectar posibles desvíos durante el proceso productivo y llevar a cabo correcciones inmediatas.

Tabla 8.5. Plan de controles a realizar a las variables del proceso.

Etapa del proceso	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Reactor (R-01)	Temperatura	105+/-1°C	Automático	Chequeos periódicos. Max. Cada hora	FO-R01	Corregir Temperatura. Registrar desvío en el FO-R01.	Operario	Operario
	Presión	3+/-0,1 atm	Automático	Chequeos periódicos. Max. Cada hora	FO-R01	Regular válvula. Registrar desvío en el formulario FO-R01	Operario	Operario
	Velocidad de agitación	9,17+/-0,5 rps	Automático	Chequeos periódicos. Max. cada hora	FO-R01	Regular el variador de velocidad. Registrar desvío en el FO-R01.	Operario	Operario
	Formación de espuma	Ausencia	Visual	Chequeos periódicos. Max. Cada hora	FO-R01	Avisar al responsable de producción. Analizar las causas. Registrar en el FO-R01	Operario	Operario

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 8.5. Plan de controles a realizar a las variables del proceso (continuación).

Etapa del proceso	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Tanque de almac. auxiliar (T-04)	Temperatura	7+/-1°C	Automático	Por lote	FO-T04	Corregir Temperatura. Registrar desvío en el FO-T 04	Operario	Operario
Evaporador (E-04)	Caída de presión en la coraza	0,22 +/-0,02 atm	Automático	Chequeos periódicamente. Max. Cada hora	FO-E04	Regular válvula. Registrar desvío en el formulario FO-E04	Operario	Operario
Cristalizador (C-01)	Velocidad de agitación	5+/-0,5 rps	Automático	Chequeos periódicamente. Max. Cada hora	FO-C01	Regular el variador de velocidad. Registrar desvío en el FO-CO1	Operario	Operario
Purificador primario (M-01)	Temperatura	95 +/- 1 °C	Automático	Chequeos periódicamente.	FO-M01	Corregir Temperatura. Registrar desvío en el FO-MO1.	Operario	Operario
	Velocidad de agitación	15+/-0,5 rps	Automático	Chequeos periódicamente.	FO-M01	Regular el variador de velocidad. Registrar desvío en el FO-MO1.	Operario	Operario

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 8.5. Plan de controles a realizar a las variables del proceso (continuación).

Etapa del proceso	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Purificador secundario (M-02)	Velocidad de agitación	6,67+/-0,5 rps	Automático	Chequeos periódicamente	FO-M02	Regular el variador de velocidad. Registrar desvío en el FO-MO2.	Operario	Operario
Secador (D-01)	Temperatura	61 +/- 2 °C	Automático	Chequeos periódicamente	FO-D01	Corregir Temperatura. Registrar desvío en el FO-D01.	Operario	Operario
Envasado (En-01)	Control de peso	1 +/-0,03 kg	Balanzas calibradas	Muestreo aleatorio (inicio, medio y al final) por lote	FO-En01	Dar aviso a superior. Restringir lote. Registrar desvío en el FO-En01	Operario	Operario
	Control del sellado vertical y horizontal	hermeticidad	Manualmente	Muestreo aleatorio (inicio, medio y al final) por lote	FO-En01	Dar aviso a superior. Restringir lote. Registrar desvío en el FO-En02	Operario	Operario
	Control del fechado	Correcta impresión	Visual	Muestreo aleatorio (inicio, medio y al final) por lote	FO-En01	Dar aviso a superior. Refechar. Registrar desvío en el FO-En03	Operario	Operario

Fuente. Elaboración propia.



8.2.6.3 Controles al producto terminado

Las especificaciones del producto final se encuentran establecidas en la Farmacopea Británica (Pharmacopoeia, British, 2013). En la tabla 8.6 se establecen los controles de calidad que se realizarán al Clorhidrato de glucosamina.

Tabla 8.6. Plan de controles a realizar sobre el producto terminado

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Clorhidrato de glucosamina	Aspecto	Cristales blancos	Visual	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Color	Blanco Cristalino	Visual	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Granulometría	117 +/- 20 micrones	T-17	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Densidad	0,72 +/- 10 Kg/m ³	T-09	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	pH (50g/l) a 20°C	3--5	T-10	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Concentración	96,71 +/-2 %	T-18	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Pérdida por secado	≤1% de su peso	T-19	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 8.6. Plan de controles a realizar sobre el producto terminado (continuación).

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Clorhidrato de glucosamina	Residuo de incineración	≤1%	T-20	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Sulfatos	≤0,24%	T-21	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Arsénico	2,5+/-5μ/g	T-22	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente.	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Metales pesados	< 0,001%	T-23	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Staphylococcus Aureus	<100 UFC	T-01	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente.	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 8.6. Plan de controles a realizar sobre el producto terminado (continuación).

Producto	Parámetro	Valor	Técnica	Frecuencia	Registro	AC/AP	Responsable de muestreo	Responsable de análisis
Clorhidrato de glucosamina	Pseudomonas Aeruginosa	<100 UFC	T-02	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Bacillus Subtilis	<100 UFC	T-05	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Candida Albicans	<100 UFC	T-03	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Aspergillus Brasiliensis	<100 UFC	T-07	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio
	Escherichia Coli	Ausencia	T-06	A cada lote	F0-PT	Realizar PNC y AC correspondiente	Analista del laboratorio	Analista del laboratorio

Fuente. Elaboración propia.



8.2.6.4 Control de la calidad del agua

Para asegurar la inocuidad del agua empleada en el proceso, todos los días, antes de comenzar con la producción se realiza análisis de concentración cloro, el cual deberá cumplir con los límites establecidos.

Se envían muestras a analizar a laboratorio externo, de acuerdo a lo solicitado por SENASA (mensualmente se realiza análisis microbiológico y dos veces al año físico químico).

8.2.6.5 Controles de ambientes

Se realizan controles ambientales a los distintos sectores de la planta, analizándose hongo y levaduras al comienzo de cada semana, asegurando de esta manera que el ambiente se adecuado para la elaboración. Para realizar el mismo se emplea la técnica T-07.

8.2.6.6 Controles de higiene y saneamiento

Se realizarán controles bacteriológicos semanalmente, a través de hisopados a las manos del personal, para asegurar que se efectuó correctamente el aseo.

También se efectuarán hisopados a los principales equipos de la planta, con la finalidad de lograr productos inocuos. Para realizar el mismo se emplea la técnica T-25.

8.2.7 Otros requisitos de calidad

8.2.7.1 Criterios de aceptación de los proveedores

Para la selección de proveedores, tanto de insumos como de servicios, se establecen criterios de evaluación (económicos, de calidad, legales, tiempo de entrega, disponibilidad y localización), se ponderada los mismos y luego se selecciona el más adecuado.

Se realizan evaluaciones periódicas de los proveedores para determinar que los mismos cumplan con los requisitos establecidos.



8.2.7.2 Satisfacción del cliente

Se cuenta con un sistema de atención al cliente, mediante el cual se reciben sugerencias y/o reclamos, los mismos se documentan en el registro de reclamos. Se analizan los mismos y según corresponda se realizará un producto no conforme o una acción correctiva, como metodología de tratamiento para evitar que vuelva a ocurrir y mejorar dicho aspecto.

8.3 Procesos operativos (POE y POES)

La planta implementará POE (proceso operativo estandarizado) que permite, por medio de instrucciones de trabajo documentadas, estandarizar la manera de realizar las actividades independientemente del operario que las ejecute. Dejando registro de los parámetros a controlar en cada una de las etapas del proceso.

Se contara con programas documentados de saneamiento, POES (procedimientos operativos estandarizados de saneamiento), que incluye procedimientos validados de limpieza de instalaciones y equipos, en donde se detalle la forma en que debe llevarse a cabo la higienización y la frecuencia con que debe realizarse.

Dichos procedimientos y cronogramas que establezcan la frecuencia de limpieza y saneamiento, deben darse a conocer a todo el personal de la planta a través de capacitaciones en donde se concientice la importancia del cumplimiento de los mismos.

Todas las actividades realizadas deberán registrarse en los formularios, donde se dejara constancia de la fecha y responsable. Periódicamente se controlara el cumplimiento de las mismas.

8.4 Procedimiento de control de producto no conforme (PNC) /Acción correctiva (AC)

En cada una de las etapas del proceso de producción se realizan actividades de verificación y control, cuando se detecta que las materias primas, insumos, productos semielaborados o terminados no cumplen con las especificaciones establecidas se elaborara un PNC.

Quien detecta el producto no conforme debe dar aviso al responsable del área, quien dejará asentado dicho hallazgo en el formulario FO-PNC (Anexo III. Registros) y lo dará a conocer a los responsables de las distintas áreas para que



opinen sobre el mismo. Una vez completo es presentado a gerencia quien dictamina la disposición final.

Si la no conformidad se repite, se debe realizar una acción correctiva y registrarse en el formulario FO-AC (Anexo III. Registros), para encontrar junto con los responsables de cada una de las áreas las causas y proponer las acciones a llevar a cabo, con fecha de cumplimiento, para evitar que vuelva a suceder. Luego de transcurrido este tiempo, se debe realizar una verificación de que las medidas llevadas a cabo fueron eficientes y en caso contrario replantearse las acciones correctivas.

8.5 Trazabilidad

Se mantienen registros de las actividades llevadas a cabo en cada una de las áreas existentes en la planta, en los mismos se deja constancia de cada batch elaborado, el cual va a ser numerado como un lote.

La identificación del lote se conforma con la fecha de elaboración y el número de batch correspondiente, cada día se comenzara nuevamente la numeración del batch. Ejemplo: lote N° 02031701, se refiere a la elaboración del día 02/03/2017 y al primer batch elaborado ese día. Esta información nos permite tener trazabilidad tanto para adelante como hacia atrás.

En cada sector se llevarán registros por batch, como se detalla en el Anexo III. Registros.

Estos registros son archivados durante la vida útil del producto, lo que permite realizar recall en caso de detectar desvíos.

8.6 Registros

Los registros están codificados de manera que permitan su fácil localización y su identificación inequívoca.

El código del registro está conformado por, las iniciales FO (Formulario), seguido del código del equipo controlado, o las letras MP (materia prima), IC (insumos críticos), ID (insumos directos) y PT para el producto terminado PT. En el caso de que exista más de un insumo o materia prima, se agrega un número correlativo que lo identifica.



Ej. FO-MO1, es el registro perteneciente al primer purificador primario, cuyo código es M-01.

Todos los registros empleados se encuentran detallados en el Anexo III. Registros.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo N° 9: Organización de la empresa

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



9.1 Introducción

Una organización es la combinación de medios técnicos, humanos y financieros que se unen con objeto de alcanzar un fin común. Por ello las personas que forman parte de ella deben trabajar de manera interrelacionada para administrar de forma óptima los recursos disponibles orientando todos sus esfuerzos hacia el logro del objetivo común.

Teniendo en cuenta la situación particular de este proyecto, el cual es anexado al proyecto de la planta productora de ácido cítrico (Belluccini & Fernández, 2010), detallado en el capítulo 4 (Localización de la planta), se considera mantener en nuestro la estructura organizativa de la planta productora de ácido cítrico y se propone incluir y/o reforzar las áreas ya existentes.

En base a la estructura organizacional propuesta, se realiza la asignación de personal en las áreas que sea necesario. Para el caso de la organización de la empresa, el personal de mayor jerarquía ya está preestablecido.

9.2 Estructura empresarial

Como ya se mencionó anteriormente, la empresa es anexada a la planta de producción de ácido cítrico (Belluccini & Fernández, 2010), por lo que se adopta la estructura organizacional de la misma.

La empresa se conforma con sectores de actividad primaria y sectores de apoyo o soporte. Las primeras son las actividades implicadas directamente en la creación y manipulación física del producto hasta su venta posterior y servicio posventa, forman el ciclo productivo de la empresa, y a su vez podemos subdividir las en cuatro categorías; logística interna, producción, logística externa, marketing y ventas (Belluccini & Fernández, 2010).

Las actividades de apoyo o de soporte sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, hacen posible la realización de dichas actividades y permiten el funcionamiento de la empresa y las podemos clasificar en infraestructura, administración y recursos humanos, tecnología y abastecimiento (Belluccini & Fernández, 2010), como se detalla en la Figura 9.1.



Figura 9.1. Estructura empresarial.

Actividades de Apoyo o Soporte	Infraestructura Empresarial			
	Administración y Recursos Humanos			
	Desarrollo Técnico			
	Compras			
	Logística Interna	Operaciones de Producción	Logística Externa	Mercadeo y Comercialización
	Actividades Primarias			

Fuente. Tesis "Producción de ácido cítrico" Belluccini, M.; Fernández, V.

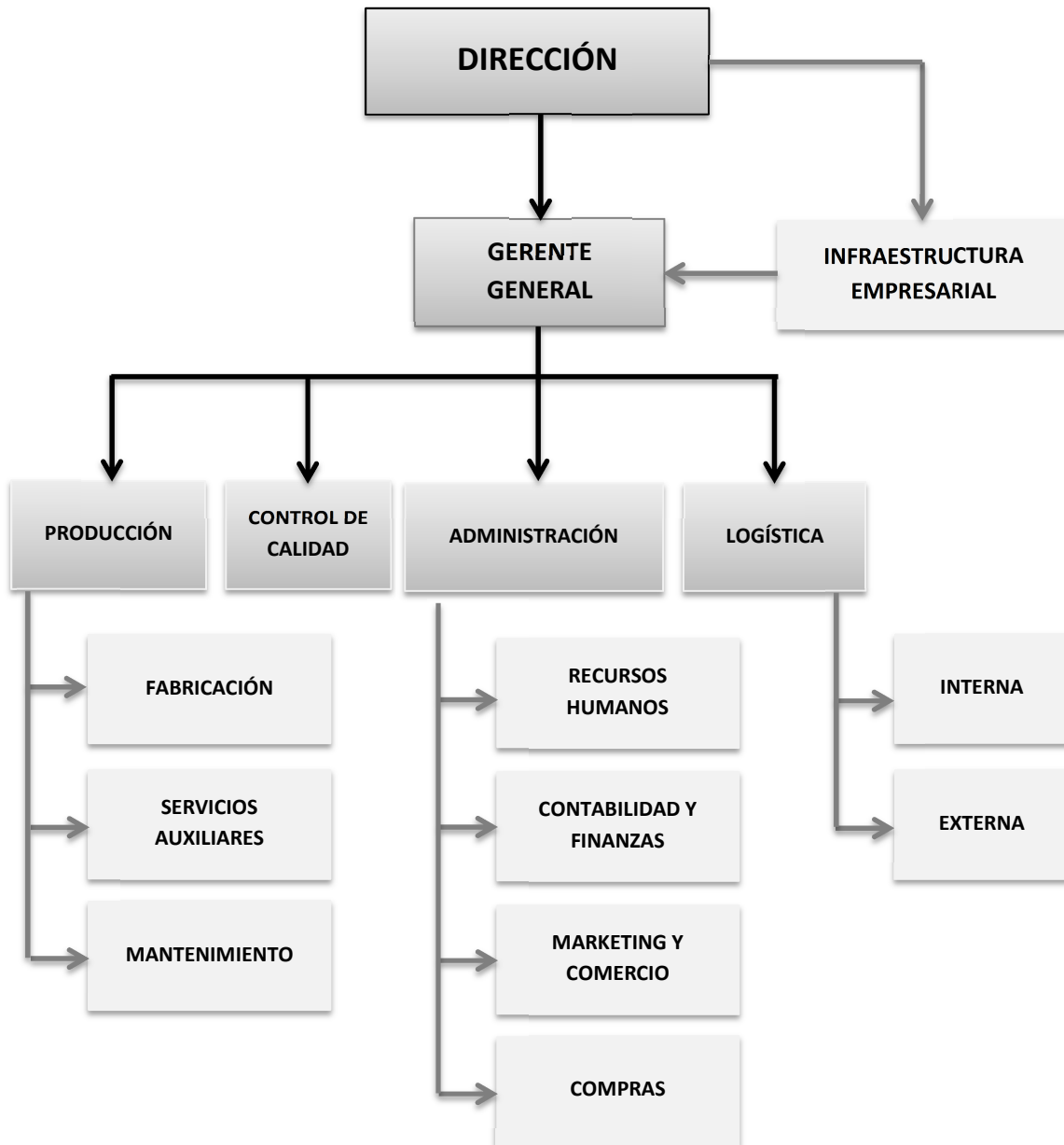
La estructura de la empresa apunta a una jerarquía relativamente plana, con cadenas de mando media para obtenerse los niveles jerárquicos necesarios (Belluccini & Fernández, 2010).

En el organigrama representado en la Figura 9.2, se muestra la relación entre las distintas áreas de la empresa. La comunicación entre ellas es un factor muy importante de la coordinación de las actividades.

Las redes de comunicación verticales serán esencialmente una serie de informes que cada sector debe presentar a su supervisor y este actuar como conducto con los niveles jerárquicos superiores



Figura 9.2. Organización estructural y de jerarquía.

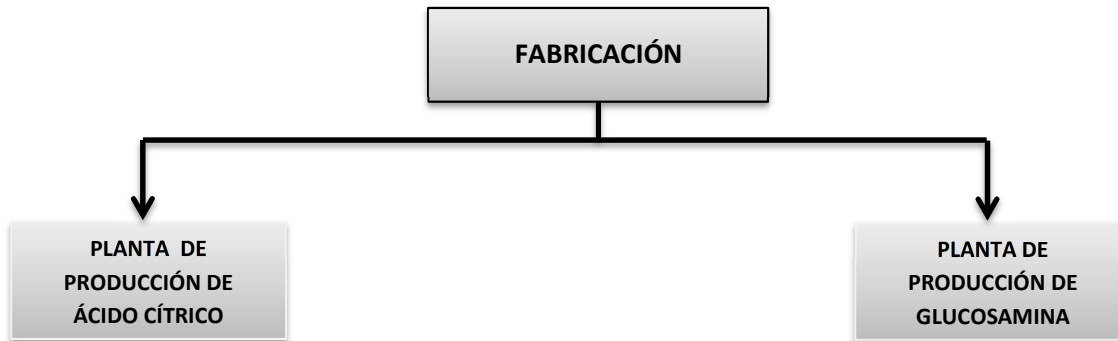


Fuente. Tesis “Producción de ácido cítrico” Belluccini, M.; Fernández, V.

Se propone generar una división en el área de producción, en dos plantas, producción de ácido cítrico y producción de clorhidrato de glucosamina, teniendo cada una por separado, las áreas DE fabricación, y en común servicios auxiliares y mantenimiento, como se muestra en la Figura 9.3.



Figura 9.3. Organización del área de producción.



Fuente. Elaboración propia.

9.2.1 Actividades primarias

Las tareas que incluye cada actividad primaria se basan en las especificadas para la planta de producción de ácido cítrico (Belluccini & Fernández, 2010) y se detallan a continuación:

- Logística interna: son todas las actividades necesarias para llevar a cabo la recepción de materias primas e insumos, su almacenamiento, el control de stock y el posterior manejo de materiales hasta el inicio de la fabricación.
- Operaciones o proceso de producción: son las actividades que tienen como objetivo la transformación de las materias primas en productos acabados que cumplan con los requisitos de calidad, cantidad y tiempo con el menor costo posible y el óptimo aprovechamiento de los recursos.
- Logística externa: son las actividades de almacenamiento de productos terminados y su posterior distribución física.
- Marketing: son las actividades asociadas a la promoción e impulsión del producto y la búsqueda de nuevos clientes.

9.2.2 Actividades de soporte

Las tareas que incluye cada actividad de soporte se basan en las especificadas para la planta de producción de ácido cítrico (Belluccini & Fernández, 2010) y se detallan a continuación:



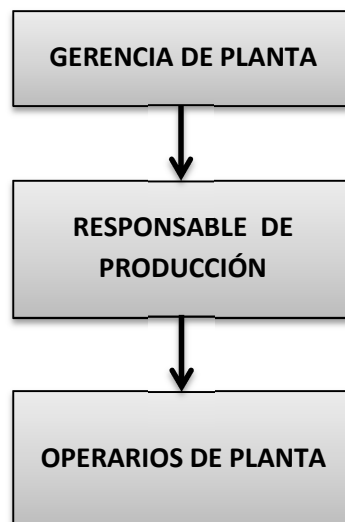
- Planificación y control operacional: son las actividades de formulación de estrategias, de planificación y control de procesos, de gestión global de la calidad, de organización, de gestión del conocimiento, entre otros.
- Recursos humanos: aquí se consideran las actividades de reclutamiento, formación, desarrollo de competencias, sistemas de incentivos, participación, promoción, fomento del clima organizacional, entre otros.
- Desarrollo de tecnología: se consideran actividades encaminadas a la adquisición y posterior gestión de las tecnologías, ya sean del producto o del proceso.
- Abastecimiento: son las actividades que hacen referencia a la compra de todo lo requerido para desarrollar el proceso productivo, ya sean materias primas o elementos auxiliares como insumos, artículos para las oficinas, productos de limpieza, entre otros.

9.3 Organización de la planta

La autoridad máxima en el área de fabricación es el gerente de producción. El mismo se encarga de la gerencia de las dos áreas de fabricación. Además, cada una de las áreas cuenta con un responsable de producción y operarios.

La estructura organizacional diseñada para la planta de producción de clorhidrato de glucosamina, se detalla en el organigrama de la Figura 9.4.

Figura 9.4. Organigrama de la planta de clorhidrato de glucosamina.



Fuente. Elaboración propia.



9.3.1 Descripción de los puestos de trabajo

A continuación se describen los puestos de trabajos implicados en la fabricación de clorhidrato de glucosamina, los cuales se mencionan en el organigrama de la Figura 9.4.

9.3.1.1 Gerencia de planta

El gerente es la autoridad máxima en el área de producción y es el responsable de:

- La conducción del área.
- Planificar cómo hacer el mejor uso del tiempo de los empleados y de sus habilidades, así como de los recursos materiales, para aumentar la eficiencia y eficacia de la producción.
- Asegurar que cada pedido se termine a tiempo y de que cumpla con los requisitos de los clientes.
- Transmitir y hacer cumplir los objetivos y políticas de la empresa.

9.3.1.2 Responsable de producción

El responsable de producción es el encargado de llevar a cabo las actividades que se detallan a continuación:

- Asegurar que los productos se elaboren y almacenen de acuerdo a la documentación apropiada para obtener la calidad requerida.
- Aprobar las instrucciones relacionadas con las operaciones de producción, incluyendo los controles durante el proceso, y asegurar su estricta implementación.
- Asegurar que los registros de producción se evalúen y firmen por la persona designada.
- Controlar el mantenimiento del departamento, la higiene, las instalaciones y equipamiento.
- Asegurar que las validaciones de los procesos y las calibraciones de los equipos, como también que estas validaciones se registren y que los informes estén disponibles.
- Asegurar que se lleve a cabo la capacitación inicial y continua del personal de producción (ANMAT, 2004).



9.3.1.3 Operarios de planta

Los operarios de planta de son responsables de llevar a cabo las actividades que se detallan a continuación:

- Manejar los equipos de acuerdo a lo indicado por el supervisor de producción.
- Controlar las distintas variables del proceso y avisar al superior de cualquier desvío producido en las mismas.

Además de sus tareas, Deben tener una capacitación continua y específica de acuerdo a las responsabilidades asignadas, que le permita actuar ante un desvío.

9.4 Asignación de personal en planta

En la Tabla 9.1 se muestran la cantidad de personal afectado a la planta de producción de glucosamina y las distintas funciones que desempeñan.

Tabla 9.1. Distribución del personal de la planta.

CARGO	EDUCACIÓN	CANTIDAD DE PERSONAS
Jefe de planta	Ingeniero en procesos	1
Operarios de planta	Bachiller	6
Total de personal		7

Fuente. Elaboración propia.

9.5 Asignación de personal en áreas comunes

Debido a que la planta utiliza departamentos comunes con la planta productora de ácido cítrico, es necesario adicionar personal, en ciertas áreas para facilitar las tareas y asistir a las diferentes áreas de trabajo. En la tabla 9.2 se muestra el personal adicionado para tal fin.



Tabla 9.2. Personal adicional para áreas comunes.

ÁREA	CARGO	CANTIDAD DE PERSONAS
Abastecimiento	Auxiliar administrativo	1
Mantenimiento	Auxiliar de mantenimiento	1
Ventas	Auxiliar de ventas	1
Control de la calidad	Analista de laboratorio	1
Total de personal auxiliar		4

Fuente. Elaboración propia.

Se debe aclarar que tanto el sueldo como la capacitación del personal adicional quedan a cargo de la planta de producción de glucosamina.

9.6 Programación de la producción

El personal, tanto administrativo como de planta, cumple horarios fijos, con turnos de 8 horas de lunes a viernes. No se elabora los días sábados, por ende se extiende la jornada laboral una hora de lunes a jueves.

Se efectúan horarios corridos de 7:00 a 15:00 h de lunes a jueves y los viernes de 7:00 a 14:30 h, con media hora libre para almorzar.

El proceso de obtención de glucosamina es batch, realizándose 1 ½ batch por semana, por lo cual se debe contar con dos equipos auxiliares: intercambiador de calor (E-03) y el tanque de almacenamiento (T-04). Este último permite almacenar lo producido en un día de trabajo, para su posterior empleo al día siguiente.

Cabe aclarar, que la producción por batch no supera los 120 kg de glucosamina por lo cual se decide almacenar de 2 a 3 batch de producto terminado, previo inicio del envasado.

En la Figura 9.5 se detalla la manera en que se agrupan las etapas del proceso productivo y la distribución semanal de las mismas, que permiten llevar a cabo el proceso de forma más eficiente y con la mejor distribución de tiempos.



Tabla 9.5. Programación de la producción.

N° de etapa		1		2						3						4		
		Intercambiador (E-01)	Reactor (R-01)	Intercambiador (E-03)	Filtro (FIL-01)	Evaporador (E-04)	Cristalizador (C-01)	Centrifuga (Ce-01)	Purificador (M-01)	Intercambiador (E-03)	Filtro (FIL-02)	Intercambiador (E-02)	Centrifuga (Ce-02)	Purificador (M-02)	Centrifuga (Ce-03)	Secado (D-01)	Envasado (En-01)	
Semanas	Primer semana	Lunes																
		Martes																
		Miércoles																
		Jueves																
		Viernes																
	Segunda semana	Lunes																
		Martes																
		Miércoles																
		Jueves																
		Viernes																
	Tercer semana	Lunes																
		Martes																
		Miércoles																
		Jueves																
		Viernes																
	Cuarta semana	Lunes																
		Martes																
		Miércoles																
		Jueves																
		Viernes																
	Quinta semana	Lunes																
		Martes																
		Miércoles																
		Jueves																
		Viernes																
	Sexta semana	Lunes																
		Martes																
		Miércoles																
		Jueves																
		Viernes																

Fuente. Elaboración propia.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico

Capítulo Nº 10: Servicios auxiliares

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



10.1 Introducción

Para mantener en actividad una planta productiva son necesarios numerosos servicios auxiliares, sin los cuales no sería posible el funcionamiento de muchos de los equipos involucrados en el proceso. En el presente capítulo se detalla el consumo de los servicios utilizados, como son vapor de agua, agua, electricidad, etcétera, en el proceso de producción de clorhidrato de glucosamina.

Además, se debe tener en cuenta que al estar anexada a la planta productora de ácido cítrico, se disponen de todos los servicios auxiliares antes mencionados, por lo que se evaluará si es necesario agregar algún equipo adicional.

10.2 Suministro de agua

La planta productora de ácido cítrico emplea agua de pozo tanto para la elaboración, como para la calefacción, enfriamiento y limpieza. La misma se extrae de un semisurgente de 100 m de profundidad. La cantidad de agua utilizada por años es de 63650 m³.

Para uso personal, la planta cuenta con una red de agua potable proveniente del Parque Industrial Alvear (Belluccini & Fernández, 2010).

En la Tabla 10.1 se detalla el consumo anual de agua en la planta productora de glucosamina.

Tabla 10.1. Consumo anual de agua.

Usos	Consumo por batch (m ³)	Consumo anual (m ³)
Agua de proceso	1,56	117,00
Agua de torre de enfriamiento	226,55	16991,25
Agua de caldera	16,02	1201,47
Agua de limpieza	1,60	120,00
Consumo de personal	0,60	45,00
TOTAL	246,33	18474,72

Fuente. Elaboración propia.

Como el agua proviene de pozo, y solo una pequeña cantidad de la red de agua potable, no hay dificultades con el suministro a la planta de glucosamina.



10.3 Suministro de vapor de agua

La planta productora de ácido cítrico genera el vapor de agua mediante una caldera SGD Rolón, humotubular de tres pasos cuya producción máxima es de 5 t de vapor/hora y 160000 kcal/h, cuya presión máxima es 5 bar.

Se estima para este proyecto, un consumo de vapor de agua saturada de 15329 kg/batch, con un máximo de 639 kg/h de trabajo.

De acuerdo a lo analizado, la planta productora de ácido cítrico, presenta una capacidad remanente de vapor de agua saturado, y debido a que las cantidades requeridas por el proceso no son significativas, puede proveer el vapor necesario para los equipos de la planta de producción de glucosamina.

10.4 Suministro de agua fría

El agua de enfriamiento en la planta productora de ácido cítrico, se genera en la torre de enfriamiento marca HD modelo T-1209, la cual enfría 60 t/h, con un ΔT menor a 12 °C.

Se estima para este proyecto, un consumo de agua 226550 kg/batch, con un máximo de 9440 kg/h.

De acuerdo a lo expuesto en el proyecto de producción de ácido cítrico, la planta utiliza 50210 kg/h de agua fría, por lo que el remanente alcanza para satisfacer las necesidades de este proyecto.

10.5 Tratamiento de efluentes

El proceso de producción de glucosamina es un proceso relativamente limpio, en el que se generan corrientes acuosas de desecho, que contienen bajos porcentajes de impurezas (proteínas, grasas, sales, etc.), que se envía a la laguna de tratamientos de efluentes que se encuentra en las inmediaciones de la planta de producción de ácido cítrico.



10.6 Servicio de electricidad

La energía eléctrica para el funcionamiento de la planta es provista por EPE (Empresa provincial de energía), que habilitó un equipamiento que duplica la potencia instalada en la estación transformadora 132/33/13,2 kV de General Lagos, beneficiando especialmente a las empresas ubicadas en el Parque Industrial Alvear. La energía llega a la planta con 13,2 kV se transforma a 380 V para su uso en los equipos eléctricos de la fábrica. Por lo que no existen inconvenientes de abastecimiento de energía.

La electricidad presta dos servicios bien definidos a la fábrica como lo son el alumbrado y la fuerza motriz de los equipos. Los sistemas de distribución para cada uno de los fines deben definirse correctamente y mantenerse por separado. Los circuitos de alumbrado son, por lo general, a 220 V, en corriente alterna monofásica; mientras que los circuitos de fuerza motriz son a 380 V, en corriente alterna trifásica.

10.6.1 Elementos de la instalación eléctrica

Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica son necesarios una serie de elementos que se detallan a continuación.

10.6.1.1 Transformador

Este es un dispositivo utilizado para convertir la energía eléctrica alterna bajada directamente de la línea de alta o media tensión a energía alterna en otro nivel de voltaje diferente, y menor acorde a los requerimientos del establecimiento. Funciona aprovechando el fenómeno de la inducción utilizando un complejo sistema de bobinados concéntricos principales y secundarios.

La terminal es instalada es una subestación transformadora y alimentada mediante un cable subterráneo a una tensión de 132 kV proveniente de una celda de media tensión perteneciente a empresa proveedora del servicio.

10.6.1.2 Tableros

La ejecución y funcionamiento de cualquier tipo de instalación eléctrica es imposible de lograr sin la utilización de alguna clase de tablero. Constituyen uno de los componentes más importantes de las instalaciones eléctricas y por ende están siempre presentes en ellas, independientemente de su nivel de tensión, su tipo o tamaño. Los tableros, o gabinetes eléctricos, están destinados a la



medición, control, maniobra de la corriente y tensión involucradas en la planta así como también de la protección tanto de la maquinaria como de la infraestructura y personal. Se utilizan dos tipos de tableros:

- **Tablero principal:** Recibe la alimentación de la energía eléctrica directamente desde la línea principal, alimentando las líneas seccionales y de los circuitos. Contiene instrumental de medición, interruptores diferenciales y termomagnéticos para la protección de las líneas y capacitores necesarios para la corrección del $\cos \phi$.
- **Tableros seccionales:** Siendo alimentados por las líneas seccionales, se colocan en los sitios necesarios con comandos para la parada, arranque y manejo de los diferentes equipos.

10.6.1.3 Conductores eléctricos

Desde el inicio de su recorrido en las centrales generadoras hasta llegar a los centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos. Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos son metales, como el cobre, el oro, el hierro y el aluminio. Para el transporte de energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el mejor conductor es la plata, pero debido a su elevado precio, los materiales empleados habitualmente son el cobre (en forma de cables de uno o varios hilos), o el aluminio; metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre, es sin embargo un material tres veces más ligero, por lo que su empleo está más indicado en líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión (GRAÑA, 1998).

Los conductores eléctricos constan de tres partes funcionales bien diferenciadas como se muestra en la Figura 10.1 y se describe a continuación.

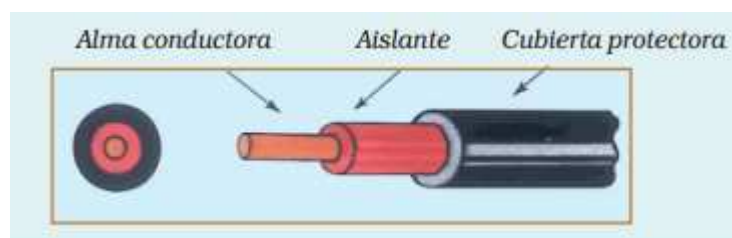


Figura 10.1. Elementos funcionales de un conductor eléctrico
Fuente: PROCOBRE, Conductores eléctricos.



- **El alma o elemento conductor:** Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).
- **El aislamiento:** El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí. Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon.
- **Las cubiertas protectoras:** El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

10.6.1.4 Tomacorrientes

Se denomina de esta forma a las piezas que tienen por función establecer una conexión segura entre la línea eléctrica y un enchufe de función complementaria que corresponderá a un elemento de trabajo. Generalmente se sitúan en la pared, de forma superficial o empotrada en la misma o también se los suele ver adaptados dentro de los tableros eléctricos en el caso de ser trifásicos. En los sectores como la oficina y el laboratorio se colocan tomacorrientes monofásicos mientras que en la nave industrial se instalan de la variedad trifásica, correspondiendo a las mayores necesidades energéticas del sector.

10.6.1.5 Elementos de protección

Los circuitos eléctricos pueden tener fallas que provoquen daños letales al organismo. Es por ello que el circuito debe estar conectado a la tierra, con lo cual, ante una abertura del circuito la corriente es desviada al suelo, protegiendo a las personas que están en contacto con la instalación. En las instalaciones industriales las carcasas de los equipos eléctricos, los accionamientos de los



aparatos, los armazones de estructura y las partes metálicas de los cables deben estar conectados a tierra

10.6.1.6 Puesta a tierra

Esta disposición tiene como objetivo principal conducir a tierra (al suelo) todas las corrientes producidas por una falla de aislación que haya energizado las carcasas de los equipos eléctricos. De esta forma se evita que en las carcasas metálicas de los equipos eléctricos aparezcan tensiones que resulten peligrosas para la vida humana (RIQUELME. 1996).

Para la toma a tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras o tubos
- Pletinas, conductores desnudos
- Placas
- Anillos o mallas metálicas
- Armaduras de hormigón enterradas

10.6.2 Requerimientos de energía eléctrica

Se realizan los cálculos para la determinación de los requerimientos energéticos en cuanto a iluminación de la planta y fuerza motriz de los equipos.

10.6.2.1 Fuerza motriz de los equipos

En la Tabla 10.2 se detallan los diferentes motores utilizados en la planta, la potencia necesaria y el consumo total por año.



Tabla 10.2. Potencia consumida por los equipos de la planta.

Equipo	N° equipos	Potencia (kW)	Consumo (kW/año)
Sistema de agitación de reactor	1	367,53	137823,75
Motor de filtro prensa (FIL-01)	1	6	675,00
Motor de filtro prensa (FIL-02)	1	5	375,00
Motor de centrífuga	2	37	5550,00
Sistema de agitación del purificador primario	1	4,55	341,25
Sistema de agitación del cristalizador	1	3,08	462,00
Sistema de agitación del purificador secundario	1	2,01	150,75
Sistema de agitación del tanque auxiliar	1	2,2	330,00
Transporte sinfín	1	0,01	0,75
Envasadora	1	1,98	297,00
Tanque de almacenamiento de biomasa	3	47	296100,00
Bomba N° 1 y N° 13	2	1,02	153,00
Bomba N° 2	1	0,12	9,00
Bomba N° 3	1	0,64	96,00
Bomba N° 4	1	0,64	72,00
Bomba N° 5	1	4	300,00
Bomba N° 6 y N° 7	2	0,37	55,50
Bomba N° 8	1	0,009	0,68
Bomba N° 9	1	0,046	3,45
Bomba N° 10	1	0,019	1,43
Bomba N° 11	1	0,019	1,43
Bomba N° 12	1	0,046	3,45
TOTAL		433,45	442801,43

Fuente. Elaboración propia.

10.6.2.2 Sistema de iluminación

El propósito de la iluminación en la industria es brindar una visibilidad eficiente y cómoda que permite realizar el trabajo en forma adecuada y ayude a mantener un ambiente seguro.

Una buena iluminación permite disminuir accidentes de trabajos, protege la capacidad visual de los operarios y evita fatiga ocular. También es importante para



disminuir los errores, realizar correcta limpieza y mantenimiento de los distintos sectores y equipos.

La secuencia para determinación de la luminaria óptima de la planta se describe a continuación:

1. Determinación del nivel de iluminación requerido para cada ambiente

Para determinar el nivel de iluminación necesario para cada sector se tienen en cuenta las dimensiones de los mismos y el flujo luminoso necesario de acuerdo al trabajo que se realiza en él. El nivel de iluminación se mide en lux (lm/m^2), el cual surge del cociente del flujo luminoso (lumen) y el área de la superficie iluminada.

Los niveles mínimos de iluminación se rigen por la ley 19587 “Higiene y seguridad en el trabajo”, Decreto 4160, el cual se detalla a continuación de acuerdo a las exigencias visuales de las tareas.

- Tareas que no exigen esfuerzo visual: 50 lux en tránsito por vestíbulos y pasillos, almacenajes, carga y descarga de elementos no peligrosos.
- Tareas que exigen poco esfuerzo visual: 100 lux para trabajos generales que se realizan en sala de calderas, depósitos de materiales, habitaciones de aseo, escaleras, etc.
- Tareas que exigen esfuerzo visual corriente: 200 lux para trabajos que requieren distinción moderada de detalles, grado normal de contraste y espacios de tiempo intermitentes, tales como trabajos en máquinas automáticas, mecánica automotriz, embalaje y expedición, salas de archivos y conferencias, etc.
- Tareas que exigen bastante esfuerzo visual: 400 lux para trabajos prolongados que requieren fina distinción de detalles, grado moderado de contraste y largos espacios de tiempo, tales como trabajos comunes de banco en taller y montajes, trabajos en maquinarias, inspección y montaje, trabajos de oficina, etc.
- Tareas que exigen gran esfuerzo visual: 700 lux para trabajos de precisión que requieren fina distinción de detalles, grado mediano de contraste y largos espacios de tiempo, tal como trabajos a gran velocidad, acabados finos, pintura extra fina, costuras en ropa oscura, mesas de dibujo, etc.
- Tareas que exigen máximo esfuerzo visual: 1.500 lux para trabajos de precisión máxima que requieren finísima distinción de detalles, condiciones de contraste deficientes y largos espacios de tiempo.



2. Selección del tipo de lámpara

Las lámparas empleadas se seleccionaron teniendo en cuenta características fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación, mantenimiento y de acuerdo a las características de las instalaciones (nivel de iluminación, dimensiones de las salas, actividades que se llevan a cabo, potencia de instalación, entre otras).

Del análisis de todos los factores mencionados, se opta por lámparas de vapor mercurio, el detalle de este tipo de lámparas se observa en la Figura 10.2, mientras que en la Tabla 10.3 se muestra el detalle de la luminaria por sector

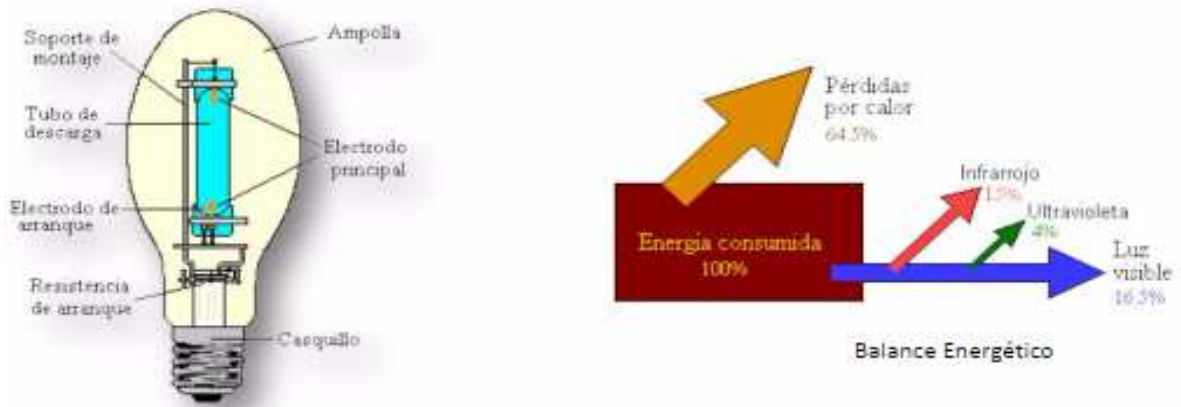


Figura 10.2. Lámparas de mercurio de alta presión.

Fuente. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>

Tabla 10.3. Tipos de lámparas empleadas en cada sector de la planta.

Sector	Tipo de lámpara
Zonas cubiertas: paso sanitario, sala de elaboración, sala de envasado, depósito de producto terminado y de insumos	Tipo: Vapor de mercurio Modelo: HQL E-40-Orsan Potencia: 250 W Flujo luminoso: 13000 lm Consumo de energía: 275 kWh/1000 h
Zona a la intemperie: Tanques de almacenamiento de materia prima, limpieza CIP	Tipo: Vapor de mercurio Modelo: HQL E-40-Orsan Potencia: 400 W Flujo luminoso: 22000 lm Consumo de energía: 440 kWh/1000 h

Fuente. Elaboración propia.



3. Número de Lámparas-Consumo energético

De acuerdo al nivel de iluminación deseado para cada área se calcula el número de lámparas necesarias empleando la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ de lámparas} = \frac{ES}{F_m F_u L_l}$$

Donde:

E: Nivel de iluminación requerido en el sector [lx]

S: Superficie del sector [m²].

F_m: Factor de mantenimiento

F_u: Factor de uso (de tablas)

L_l: Flujo luminoso de la lámpara [lm].

Para poder realizar el cálculo es necesario determinar:

- Dimensiones del local: Los primeros datos de entrada son las dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0,85 m, como se muestra en la Figura 10.3.

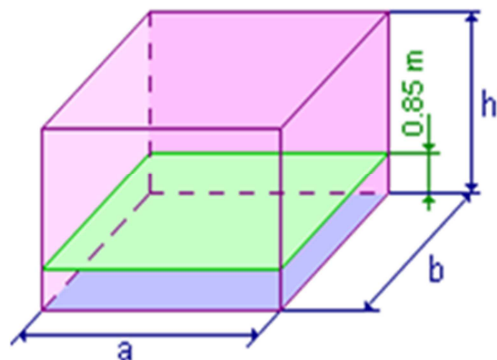
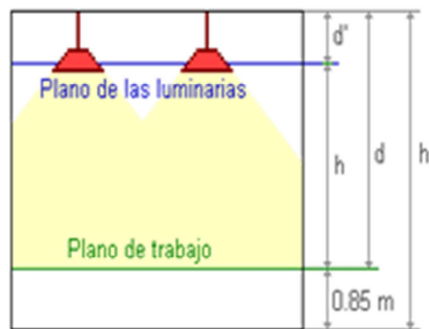


Figura 10.3. Dimensiones de los espacios.

Fuente. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>

- Altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido: Para determinar la misma se realiza con la ecuación que se muestra en la Figura 10.4 de acuerdo a lo indicado en la tabla que la acompaña.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias
h': altura del local
d: altura del plano de trabajo al techo
d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Características del Área	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$

Figura 4. Cálculo de la altura de la luminaria.

Fuente. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>

- El factor de mantenimiento (Fm): Denominado también factor de conservación es un coeficiente que depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local, que provoca una disminución del flujo luminoso. En los alumbrados interiores que permiten una polución del ambiente reducida se recomienda utilizar un factor de mantenimiento del 90% para luminaria cerrada y 80 % para abierta. En los alumbrados exteriores se utiliza un factor de 60% cuando la polución es importante, 70% cuando es intermedia y 80% si es reducida.
- Calcular el índice del local (k): Éste índice se calcula a partir de la geometría del local (descriptas en la Figura 10.3 y 10.4), el mismo nos brinda el rendimiento de las luminarias ubicadas en el sector. La ecuación utilizada se especifica en la Figura 10.5.



Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$

Figura 10.5. Cálculo del índice local (k).

Fuente. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>

- Coeficientes de reflexión de techo y paredes: De acuerdo a la clasificación de la Figura 10.6, se adopta un factor de reflexión de 0,5 para el techo y 0,3 para las paredes.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1

Figura 10.6. Factor de reflexión.

Fuente. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>

- Factor de ubicación Fu: De acuerdo al tipo de lámpara empleado, los factores de reflexión y el índice del local (k), se determina el factor de ubicación empleando la Tabla de la Figura 10.7.



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)																																															
		Factor de reflexión del techo																																															
		0.8			0.7			0.5			0.3			0																																			
		Factor de reflexión de las paredes																																															
												0.5			0.3			0.1			0.5			0.3			0.1			0																			
	0.6	.66	.62	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58									
	0.8	.75	.71	.68	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67									
	1.0	.80	.76	.73	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72									
	1.25	.85	.81	.80	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77									
	1.5	.88	.86	.82	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81									
	2.0	.94	.90	.88	.93	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85	.94	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85	.94	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85	.94	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85									
	2.5	.96	.93	.92	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88									
	3.0	.99	.95	.94	.98	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89	.99	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89	.99	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89	.99	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89									
$D_{max} = 0.7 H_m$	4.0	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92
f_m .70 .75 .80	5.0	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 10.7. Factor de utilización.

Fuente. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/iluminaci%C3%B3n>

El resultado del cálculo del número de lámparas necesarias por sector, se muestra en la Tabla 10.4.



Tabla 10.4. Cálculo del número de lámparas necesarias.

Sector	E [lx]	S [m ²]	Fu	Fm	L (lámpara)	N° de lámparas
Paso sanitario	100	3,00	0,60	0,80	13000	1
Sala de elaboración	400	306,50	0,92	0,80	13000	13
Sala de envasado	400	35,00	0,60	0,80	13000	3
Depósito de clorhidrato de glucosamina	200	35,00	0,60	0,80	13000	2
Depósito de insumos	200	35,00	0,60	0,80	13000	2
Recibo de materia prima	100	47,50	0,60	0,70	22000	1
TOTAL DE LÁMPARAS DE 13000 [Ln]						21
TOTAL DE LÁMPARAS DE 22000 [Ln]						1

Fuente. Elaboración propia.

4. Consumo energético debido a las luminarias

En la Tabla 10.5, se detalla el consumo energético correspondiente a las luminarias. Para el cálculo se tiene en cuenta las horas de funcionamiento de cada una de ellas.



Tabla 10.5. Consumo energético debido a las luminarias.

Sector	Funcionamiento [h/mes]	Nº de lámparas	Potencia [kW]	Consumo [kW/mes]
Paso sanitario	176	1	0,25	44
Sala de elaboración	176	13	0,25	572
Sala de envasado	16	3	0,25	192
Depósito de clorhidrato de glucosamina	30	2	0,25	15
Depósito de insumos	20	2	0,25	10
Recibo de materia prima	10	1	0,40	4
CONSUMO MENSUAL TOTAL				873

Fuente. Elaboración propia.

Es posible calcular el consumo de electricidad total anual, sumando el consumo debido a la fuerza motriz e iluminación, el mismo se detalla en la Tabla 10.6.

Tabla 10.6. Consumo de electricidad anual de la planta.

Parámetro	Consumo anual [kW]
Fuerza motriz	442.801,43
Iluminación	10.476,00
CONSUMO TOTAL DE LA PLANTA	453.277,43

Fuente. Elaboración propia.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

***Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de
glucosamina al proceso de producción de ácido cítrico***

Capítulo N° 11: Obras civiles

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



11.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrolla la distribución general del establecimiento dentro del predio donde se encuentra ubicada la planta de ácido cítrico y los requerimientos de espacio para cada sector. Además, se detallan las características constructivas de los diferentes edificios correspondientes a la planta de producción de clorhidrato de glucosamina, como así también se realiza el lay out de los equipos, el cual se emplea en el cálculo de bombas y cañerías.

La distribución física se realiza estratégicamente, de forma que facilite el flujo de materiales, aumente la eficiencia en la utilización de la mano de obra y equipos, y reduzca los peligros para los trabajadores.

11.2 Layout de la planta y equipo de producción

El diseño de la planta se refiere al lugar geométrico de los distintos sectores de la planta que incluyen lugar de trabajo, sala de reunión, depósito de materias primas, insumos y productos terminados, entre otros. La distribución de la planta debe ser diseñada de forma que se minimice el uso de espacios de la planta, pero a la vez se debe considerar que se puedan ser satisfechas la seguridad y el confort de los empleados.

La ubicación de los equipos dentro de la planta, como así también los edificios, tales como oficinas, talleres, laboratorios, baños, entre otros, deben estar ubicados de manera que permitan facilitar el tráfico de mercancías y garantizar la seguridad.

El objetivo de un layout es establecer un diseño que permita la combinación óptima entre las instalaciones de producción, que contemple los siguientes aspectos:

- Simplificación del proceso de producción
- Reducción al mínimo de los costos de manejo de materiales
- Obtención de uso de superficie / espacio eficaz
- Conseguir la satisfacción de los empleados y buena voluntad de trabajo
- Evitar gastos de capital que no son tan importantes
- Fomentar el uso eficaz de los empleados

Los factores que deben tenerse en cuenta en el diseño de distribución de la planta se detallan a continuación.



11.2.1 Materiales

La distribución de los factores productivos depende de las características de aquellos y de los materiales sobre los que haya que trabajar. A este respecto, son factores fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos, que influyen decisivamente en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento. La bondad de una distribución en planta depende en gran medida de la facilidad que aporta en el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaja.

11.2.2 Maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información de los procesos a emplear, de la maquinaria y equipos necesarios, así como de la utilización y requerimientos de los mismos.

En lo que se refiere a la maquinaria, hay que considerar su tipología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, necesidad de servicios auxiliares, entre otros, se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

11.2.3 Mano de obra

También la mano de obra ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa como la de supervisión y la auxiliar. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos, entre otros factores. De igual forma habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar. Existiendo una estrecha relación de todos los factores antes mencionados con el diseño del trabajo, pues es clara la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los puestos de trabajo.

11.2.4 Movimiento

En relación con este factor, hay que tener presente que las manutenciones no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que procurar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible



con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de manejos innecesarios y antieconómicos.

11.2.5 Esperas

Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la circulación de los materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el coste que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene. El material en espera no siempre supone un coste a evitar, pues, en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entregas programadas, mejorando el servicio a clientes, permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.), lo cual hace necesario que sean considerados los espacios para los materiales en espera.

11.2.6 Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos, podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), los relativos al material (por ejemplo: inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

Con gran frecuencia, el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello, es especialmente importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costes indirectos que suponen queden minimizados.

11.2.7 Edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución, pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características (por ejemplo: número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia de suelos, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagües, tomas de corriente, etc.) se



presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción.

11.2.8 Cambios futuros

Uno de los objetivos que se persiguen con la distribución en planta es su flexibilidad. Es, por tanto, ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que hemos enumerado lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Para ello, habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

La flexibilidad se alcanzará, en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso.

Asimismo, es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando, además, los cambios externos que pudieran afectarla y la necesidad de conseguir que durante la redistribución, sea posible seguir realizando el proceso productivo.

Se ha expuesto hasta aquí un resumen de las principales consideraciones a tener en cuenta respecto de los factores que entran en juego en un estudio de distribución en planta. Son notorias las conexiones que existen entre materiales, almacenamiento, movimiento y esperas, servicios y material, mano de obra maquinaria y edificio, existiendo otros muchos ejemplos que muestran que en muchas ocasiones, deberán tenerse presentes a la vez más de uno de los estudiados. Lo importante es que no se obvие ninguno, dándole a cada uno su importancia relativa dentro del conjunto y buscando que en la disposición final se consigan las máximas ventajas del conjunto.

11.3 Descripción general de la distribución de la planta

El predio seleccionado para la ubicación de la planta es en el que se encuentra emplazado el proyecto de obtención de ácido cítrico, el cual se detalla en la Figura 4.1 del Capítulo 4. Ubicación y capacidad de la planta. Las dimensiones del mismo



son de 214,5 x 108,75 m, y cuenta con un espacio libre de 43 x 31 m, donde se ubica la planta productora de clorhidrato de glucosamina.

Los depósitos, tanto de materia prima como producto terminado son galpones que se encuentran en extremos opuestos de la zona de producción.

La administración se encuentra alejada de la zona de producción y se ubica cerca de la entrada de la planta. Además, el establecimiento cuenta con sectores tales como laboratorio, baños, vestuarios, cocina comedor.

La caldera se encuentra ubicada en el sector de servicios auxiliares separado de la zona de producción. También se encuentra en la zona la torre de enfriamiento y el equipo involucrado en la generación de aire.

El taller de mantenimiento se encuentra alejado de los sectores de producción y servicios auxiliares por cuestiones netamente de seguridad.

A continuación en la Tabla 11.1 se detallan las dimensiones y la superficie de la planta de producción de clorhidrato de glucosamina.

Tabla 11.1 Superficie de la planta

Sector	Superficie (m²)
Planta de elaboración	309,50 m ²
Sala de envasado	35,00 m ²
Depósito de producto terminado	35,00 m ²
Depósito de insumos	35,00 m ²
Recibo de materia prima	47,50 m ²
TOTAL DE LA PLANTA	462 m²

Fuente. Elaboración propia.

Se prevé la utilización de los espacios existentes en la planta de producción de ácido cítrico, tales como baños, vestuarios, oficinas de administración y control, taller de mantenimiento, laboratorio y playa de estacionamiento, lo mismo sucede con los servicios auxiliares (caldera, torre de enfriamiento, tanque de agua, laguna de efluentes).

El detalle de la ubicación de la planta y de los distintos sectores se muestra en la Figura 11.1.

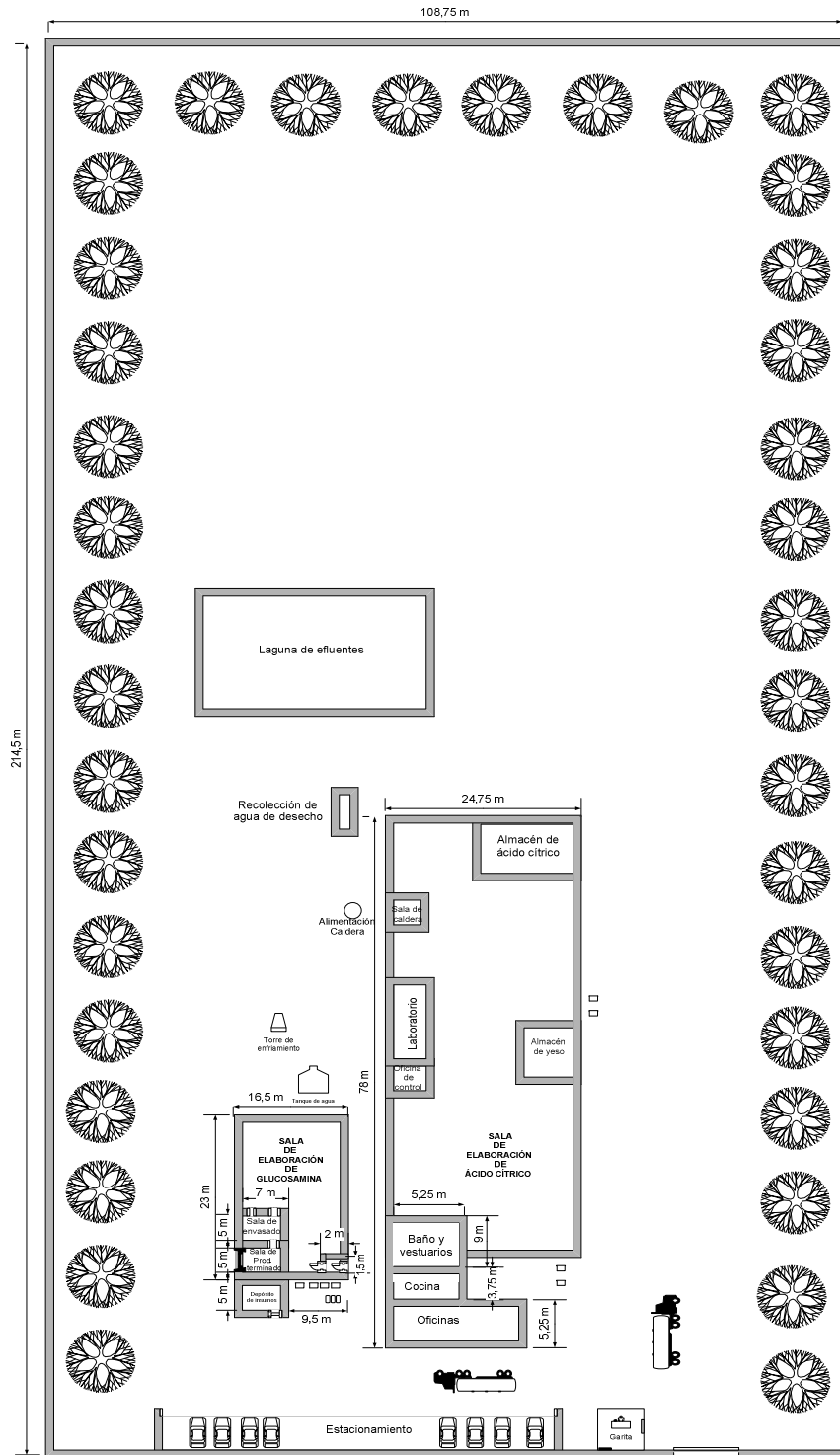


Figura 11.1. Plano de la planta de clorhidrato de glucosamina emplazada en el predio de la planta de ácido cítrico.

Fuente. Elaboración propia.



Cabe aclarar que, en el exterior del establecimiento se encuentran ubicados los tanques de almacenamiento de materia prima (HCl y biomasa), contiguo a los mismos se encuentra el depósito de almacenamiento de los insumos directos críticos y productos de limpieza.

11.4 Características edilicias en general

11.4.1 Estructura y las características de los principales materiales empleados

Los cimientos esta formados con bases de columnas de 1 m de ancho x 1 m de alto x 1,4 m de profundidad, con una parrilla de hierro de diámetro de 12 mm cada 15 cm, formadas por 6 hierros de 10 mm con estribos de 8 mm cada 15 cm. Las dimensiones de las columnas son de 20 x 40 cm, con un encadenado inferior de 20 cm de ancho y 40 cm de profundidad con hierro de diámetro de 8 mm con estribos de 6 mm cada 15 cm. A la altura de 3 m una viga de encadenado superior de 20 cm de ancho y 30 cm de alto con 4 hierros de diámetros de 8 mm con estribos de 6 mm cada 20 cm; y un encadenado superior a los 6 m con 4 hierros de diámetro de 8 mm con estribos de 6 mm cada 20 cm, con vigas adicionales sobre los portones de ingreso.

La mampostería interior está construida con ladrillos block de cemento de 13 x 19 x 39 cm tipo Corblock o similar, asentados con morteros (1/4:1:4, cemento-cemento de albañilería-arena).

La mampostería exterior está constituida con ladrillos block de cemento tipo Corblock o similar cuyas dimensiones son de 19 x 19 x 39 cm, asentados con morteros (1/4:1:4, cemento-cemento de albañilería-arena).

Los revoques interiores a la cal, grueso y fino están constituidos por 1/4:1:4, cemento-cal-arena.

Las chapas prepintadas conformadas (Figura 11.2) se obtienen a partir de un recubrimiento orgánico de poliésteres sobre un material base revestido. Estas chapas de color ofrecen excelentes propiedades como su gran resistencia a la corrosión y su buena flexibilidad. El revestimiento de pintura aplicado comprende un tratamiento anticorrosivo y una pintura de terminación. Por lo general sus dimensiones son de 13,5 m de largo, 1,1 de ancho y, 0,5 mm de espesor.



Figura 11.2. Chapa prepintadas para techo

Para sostener el techo de chapa prepintada, son necesarias estructuras metálicas (Figura 11.3) que poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero que le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura como cubrir luces, cargas importantes, etcétera. Para garantizar un techo satisfactorio deben colocarse los pares (vigas inclinadas) a una distancia corta.



Figura 11.3. Estructuras metálicas con acero para techo.

Otro de los materiales empleados es el policarbonato (Figura 11.4) que presenta una alta resistencia a los impactos, excelente estabilidad dimensional, resistencia a las llamas y transparencia cristalina que permite el paso de la luz exterior. Se trata de un termoplástico amorfo que combina propiedades mecánicas, ópticas, eléctricas y térmicas.

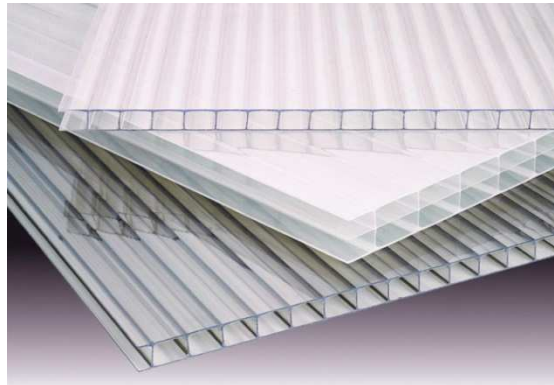


Figura 11.4. Policarbonato.

11.4.2 Detalles de construcción de la planta de producción

La planta de producción está diseñada y edificada de acuerdo a los requisitos de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) y a lo establecido por la farmacopea Argentina. La planta posee los sectores que se detallan a continuación:

El cerramiento lateral de la planta está construido de ladrillos block de cemento tipo Corblock o similar cuyas dimensiones son de 19 x 19 x 39 cm, asentados con morteros (1/4:1:4, cemento-cemento de albañilería-arena); con terminación interior con revoque grueso, fino y pintura epoxi hasta una altura de 2,5 m y a partir de este nivel se continúa la construcción con chapa prepintada y policarbonato.

Cubierta: Chapa, con pendiente del 5%, 50 mm de lana de vidrio para aislación térmica (Marca Isover Ignífuga) y terminación interior de aluminio a una altura de 6 m. una estructura de acero actúa como sostén.

Mampostería exterior e interior: Esta constituida de ladrillos block de cemento tipo Corblock o similar de dimensiones de 19 x 19 x 39 cm, asentados con morteros (1/4:1:4, cemento-cemento de albañilería-arena), con terminación interior con revoque grueso, fino y pintura epoxi hasta una altura de 2,5 m. A partir de este nivel se continúa con la construcción empleando chapas prepintadas y policarbonato cristal que permite una transmisión solar del 82%.

Piso: Hormigón con revestimiento epoxi. Cerca de los equipos se localizan desagües con rejillas para la eliminación de aguas de lavado y derrames. Zócalo de hormigón contra choque, tipo sanitario, con revestimiento de pintura epoxi.

Aberturas: Portón de chapa galvanizada de 2,5 m de ancho por 3 m de alto para la comunicación de la planta con el pasillo principal.



11.4.2.1 Recibo de materia prima

En este sector se encuentran los silos de almacenamiento de biomasa y HCl, y los tanques de limpieza CIP, los mismos se ubican sobre una plataforma de cemento elevada.

Piso: De hormigón, apto para carga de camiones.

Muros: No posee cerramientos.

Techos: Constituido por una estructura metálica la cual posee una cubierta de chapas cincadas de perfil sinusoidal.

11.4.2.2 Ingreso sanitario

En este sector se halla el filtro sanitario de la planta, por donde ingresa todo el personal que trabaja en la empresa, como así también, las personas ajenas a la misma.

Posee dos puertas, una de las cuales permite el ingreso desde el exterior al filtro sanitario, y la otra comunica el filtro sanitario a la sala de elaboración.

11.4.2.3 Sala de elaboración

En esta sala se encuentran ubicadas de manera estratégica todas las maquinarias necesarias para llevar a cabo la producción. Respetando los espacios que permiten la fácil limpieza de los equipos e instalaciones, facilitando la circulación del personal y disminuyendo la probabilidad de accidentes de trabajo.

11.4.2.4 Sala de envasado

En este sector se amacena el clorhidrato de glucosamina provenientes de los distintos batch, y se lleva a cabo el envasado.

Esta sala comunica con la sala de elaboración y el depósito de producto terminado.

11.4.2.5 Depósito de clorhidrato de glucosamina

En este sector se almacena el producto terminado hasta su carga. El mismo posee comunicación con la sala de envasado y con el exterior.



El ingreso sanitario, la sala de elaboración, envasado y depósito de producto terminado poseen iguales características edilicias, descritas en los detalles de construcción de la planta.

11.4.2.6 Zona de carga de camiones

El ingreso al sector se realiza a través de una puerta levadiza, que comunica el exterior con el depósito de clorhidrato de glucosamina. La parte exterior a este ingreso posee un desnivel, el cual permite el acople del camión. Las características edilicias se detallan a continuación.

Piso: De hormigón, apto para carga de camiones. En el extremo opuesto a la plataforma de acceso a la zona de carga, hay una lomada de cemento (también con resistencia al tránsito de camiones) y con resumidero que abarca la misma longitud, cuya función es impedir que ingrese agua de lluvia a los desagües de los líquidos industriales.

Muros: No posee cerramientos.

11.4.2.7 Depósito de insumos

En esta área se almacenan los insumos directos, críticos y demás insumos. Posee un acceso por la parte frontal del mismo. Las características edilicias son las siguientes:

Piso: De hormigón alisado.

Muros: De ladrillos block de cemento de 0,18 m de espesor. La terminación en el exterior es de material impermeable, revoque grueso y fino a la cal, reforzado con cemento. La terminación en la parte interior es mediante tomado de junta del mismo muro.

Techo: Constituido por una estructura metálica la cual posee una cubierta de chapas cincadas de perfil sinusoidal.

Aberturas: El acceso se realiza a través de portón corredizo de chapa y de dos hojas.

11.5 Layout de equipos de proceso

En la distribución de equipos de la planta se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:



Flujo de materias primas, productos y personal: El mismo debe evitar posibles focos de contaminación cruzada, ser económico y práctico, maximizando los tiempos de traslados de los mismos desde lugar de almacenamiento hasta disposición final de los mismos.

Flujo de aire: El flujo de aire dentro y alrededor de la zona considerada como la seda. Su objetivo es evitar el estancamiento del aire en un lugar que puede conducir a la acumulación de productos químicos nocivos que puedan poner en peligro la seguridad.

Luz: Cada uno de los sectores de la planta debe tener el nivel de iluminación óptima establecida de acuerdo a las características del espacio, el tipo de lámpara, las actividades que se desarrollan, entre otras.

Diseño de área de procesos: El diseño de los espacios de producción debe permite reducir el costo de las operaciones y garantizar la seguridad de la producción, el mismo debe garantizar:

- La fluidez del proceso de producción.
- El uso eficaz del espacio.
- El menor costo de manejo de materiales, lo que resulta en menores inversiones de capital.
- Satisfacción de los empleados en el trabajo.

El layout o disposición de los equipos involucrados en el proceso de producción se pueden observaren la Figura 11.2.

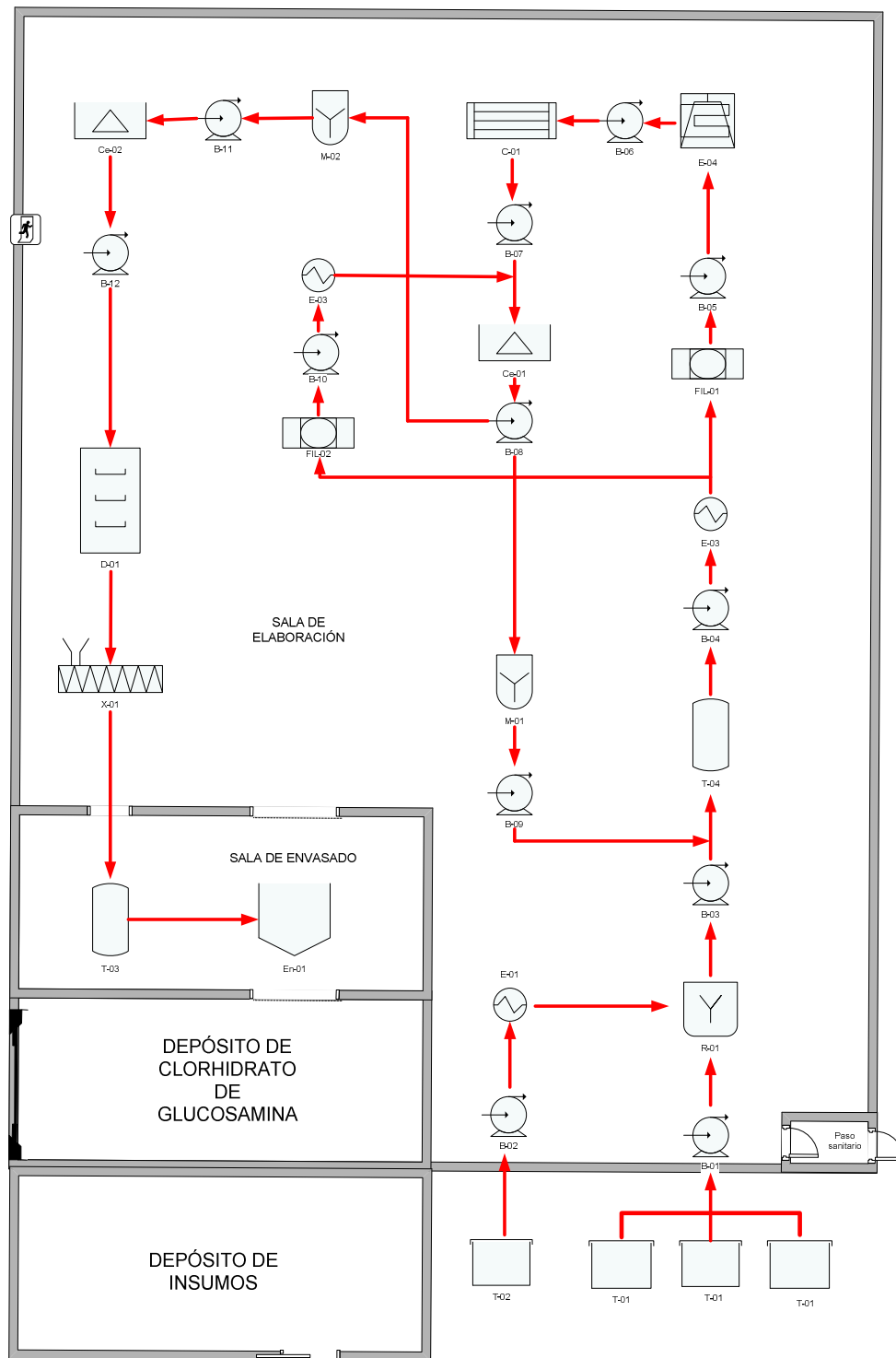


Figura 11.2. Layout de equipos de proceso de la planta de producción de glucosamina.
Fuente. Elaboración propia.

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional Villa María

***Proyecto Final: Integración del proceso de obtención de
glucosamina a la producción de ácido cítrico***

***Capítulo N° 12: Estudio Económico-
Financiero***

Frossasco, Verónica

Gassmann, Fiorina



12.1 Introducción

El análisis realizado en los capítulos anteriores permitió determinar la existencia de un mercado potencial por cubrir y la viabilidad técnica del proyecto en cuestión.

En el presente capítulo se divide en tres secciones, que se detallan a continuación.

Sección I: *Estudio económico financiero*. La finalidad de esta sección es determinar los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de la planta, así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto (BACA URBINA, 2001).

Sección II: *Evaluación económica*. En esa sección se analizan diversos indicadores financieros para determinar la rentabilidad del proyecto en cuestión.

Sección III: *Análisis de sensibilidad*. El objetivo de la misma es analizar cómo influyen sobre la TIR la variación de diversos factores.

El estudio se realiza para un periodo de 10 años, sin embargo en el presente capítulo se ilustran los cálculos del primer año del proyecto a modo de simplificar y permitir una mejor interpretación del análisis. El resto de los cálculos se realizan de igual manera para cada uno de los años.

Todos los montos de dinero están expresados en pesos argentinos, utilizando una relación respecto al dólar de \$15,84.

El análisis se realiza empleando la demanda proyectada para el primer año de producción, considerando que la misma se mantiene constante durante todo el periodo de inversión, de esta manera se analiza la rentabilidad en el caso más desfavorable, es decir, produciendo a la capacidad mínima de la planta.

SECCIÓN I: ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

12.2 Capacidad instalada

La planta productora de glucosamina está diseñada para trabajar el primer año con un 69% de su capacidad total, aumentando la misma a medida que pasan los años y llegando a una capacidad de 100% el décimo año. En la Tabla 12.1 se detalla la capacidad de producción de la planta en los 10 años considerados.



Tabla 12.1. Capacidad de producción por año.

Período anual	Producción anual (kg)	Aprovechamiento de la capacidad
1	6.050	69%
2	6.350	73%
3	6.650	76%
4	6.950	79%
5	7.250	83%
6	7.550	86%
7	7.849	90%
8	8.149	93%
9	8.449	97%
10	8.749	100%

Fuente. Elaboración propia.

12.3 Inversión total

Es la erogación necesaria de dinero para la puesta en marcha del proyecto. La inversión total está conformada por la inversión inicial, la cual comprende la adquisición de activos fijos y activos intangibles, y por el capital de trabajo. A continuación se detallan cada uno de ellos.

- *Activos fijos:* Son todas las inversiones que se realizan en los bienes tangibles propios del proceso y los de apoyo a estos. Entre ellos se pueden mencionar obras civiles, equipamiento de la planta e infraestructura de servicios auxiliares.
Estos activos están sujetos a depreciación, que representa la pérdida de valor contable a través de los años.
- *Activos intangibles:* Son todas las inversiones necesarias para la puesta en marcha del proyecto, como ingeniería de proyecto, supervisión durante la construcción, imprevistos, entre otros.
Estos activos están sujetos a amortizaciones, equivalentes a la depreciación de los activos fijos.
- *Capital de Trabajo:* esta inversión representa el capital adicional con el cual se debe contar para que empiece a funcionar la empresa, es decir, para financiar la primera producción antes de recibir ingresos.
Aunque el capital de trabajo también es una inversión inicial, la principal diferencia respecto a las inversiones en activos fijos e intangibles es su



naturaleza circulante, es decir, no puede recuperarse mediante depreciaciones o amortizaciones, pero se supone que la empresa se resarcirá de él a corto plazo.

En la Figura 12.1 se esquematizan los componentes de la inversión.

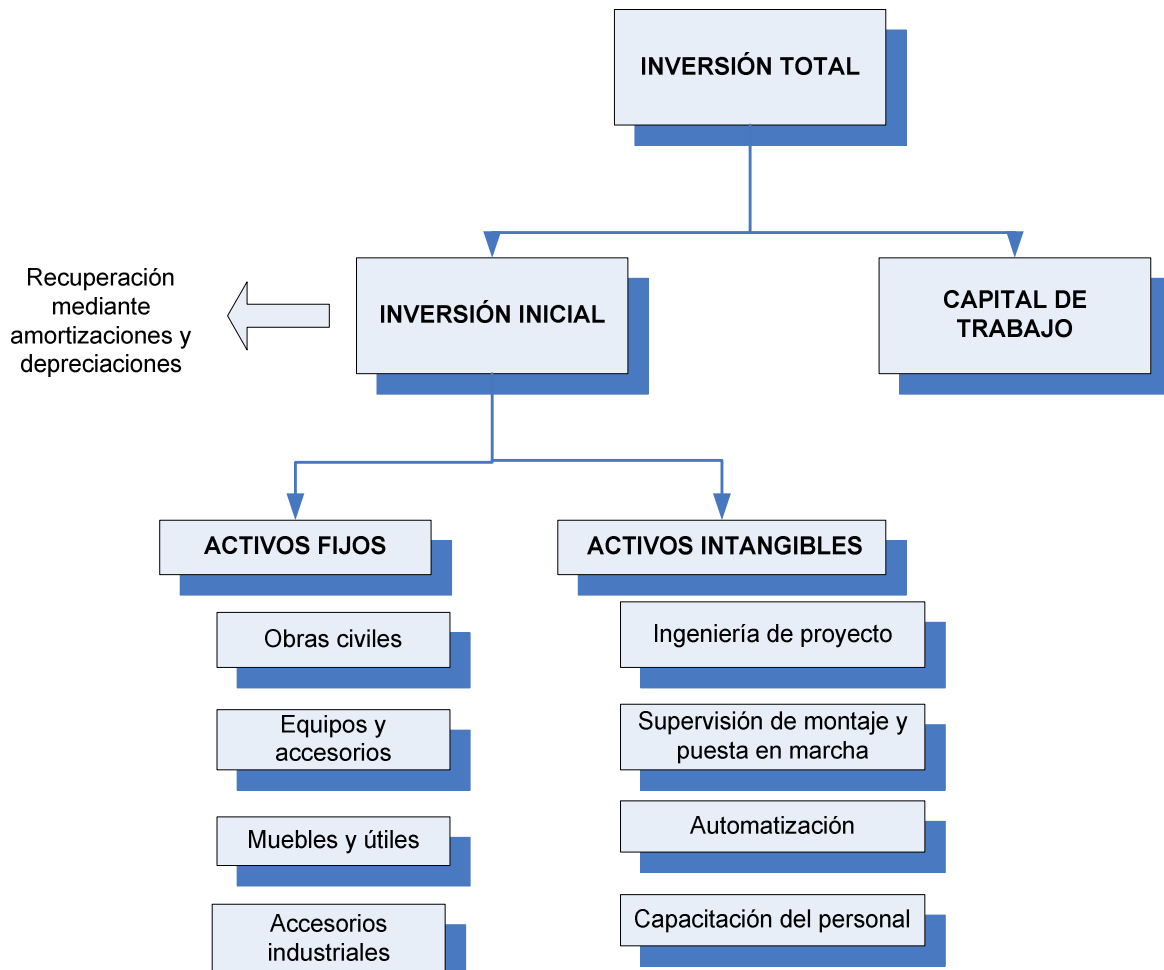


Figura 12.1. Componentes de la inversión.

12.3.1 Activos fijos

El costo del activo fijo incluye el precio de compra del bien más todos aquellos importes necesarios que deben pagarse para su implementación. Los componentes de los activos fijos se agrupan en las siguientes categorías: obras civiles, maquinarias y equipos, muebles y útiles, accesorios industriales.



Las alícuotas, es decir el porcentaje que se calcula sobre el precio base, del impuesto al valor agregado (IVA) varían de acuerdo al tipo de producto o servicio según lo establecido por la ley 25.063. Las tasas empeladas en este capítulo corresponden al 21% para la mayoría de los productos y la alícuota del 10,5%, la cual comprende, entre otros, a los productos establecidos en la sección XVI del Índice de Nomenclatura Común del Mercosur (MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS PÚBLICAS, 1998).

12.3.1.1 Obras civiles

En este rubro se detallan todas aquellas cuestiones inherentes a la infraestructura de la planta y sus dependencias. Los importes se determinan de acuerdo a la información obtenida mediante relevamientos por internet.

Los importes se resumen en la Tabla 12.2. En todos los casos se aplica una alícuota de IVA del 21%.

Tabla 12.2. Inversiones en obras civiles.

Rubro	Inversiones
Terreno	291.200
Estructura planta	3.919.512
Tinglado	70.125
Bocas de incendio y matafuegos	36.340
Instalación servicio de agua	43.500
Alumbrado perimetral	50.560
Instalaciones eléctricas	203.686
Pavimentos internos	90.300
Paso sanitario	29.400
TOTAL S/ IVA	4.734.623
IVA	994.271
TOTAL	5.728.893

Fuente. Elaboración propia.

12.3.1.2 Equipos y accesorios de proceso

Este rubro comprende todos los equipos, dispositivos y demás necesarios para la producción de clorhidrato de glucosamina. Se incluye en el mismo los tanques de almacenamiento de materia prima, equipos de bombeo, cañerías y válvulas.



Los precios de los equipos se obtuvieron por consulta realizadas a los diferentes proveedores, según lo establecido en el Capítulo 7.

Los costos de flete, seguro y otros gastos se suponen del 1% sobre el costo total de los equipos, mientras que la alícuota de IVA es variable según el producto.

En las Tablas 12.3 y 12.4 se detallan los costos totales de los equipos y accesorios respectivamente.



Tabla 12.3. Costos totales en equipos.

Denominación Técnica	Nº unid.	Precio unitario	Flete y otros gastos	Costo total en fábrica	I.V.A.	País de origen
Tanque de alm. (T-01)	3	179.670,50	6.509	545.520	56.596	China
Tanque de alm. (T-02)	1	6.497,00	----	6.497	682	Argentina
Tanque de alm. (T-03)	1	2.548,00	----	2.548	268	Argentina
Tanque de alm. (T-04)	1	267.527,00	6.509	274.036	28.090	China
Intercamb. de calor (E-01)	1	13.477,88	28.637	42.115	1.415	China
Reactor (R-01)	1	237.645,62	28.637	266.283	24.953	China
Intercamb. de calor (E-03)	1	21.672,02	28.637	50.309	2.276	China
Filtro (FIL-01)	1	470.100,00	11.348	481.448	49.361	Italia
Evaporador (E-04)	1	106.326,00	28.637	134.963	11.164	China
Cristalizador(C-01)	1	10.349,06	517	10.867	1.087	China
Centrifuga (Ce-01)	1	561.965,00	6.509	568.474	59.006	China
Purificador(M-01)	1	9.640,22	28.637	38.278	1.012	China
Filtro (FIL-02)	1	300.400,00	111.348	411.748	31.542	Italia
Intercamb. de calor (E-02)	1	13.324,32	28.637	41.962	1.399	China
Centrifuga (Ce-02)	1	561.965,00	6.509	568.474	59.006	China
Purificador(M-02)	1	7.939,01	28.637	36.576	834	China
Centrifuga(Ce-03)	1	561.965,00	6.509	568.474	59.006	China
Secador(D-01)	1	2.849.400,00	1.562	2.850.962	299.187	EEUU
Envasadora(En-01)	1	823.160,00	----	823.160	86.432	Argentina
Bombas 1	1	6.336,35	3.357	9.694	665	España
Bombas 2	1	9.495,55	11.348	20.844	997	Italia
Bombas 3	1	4.451,60	3.357	7.809	467	España
Bombas 4	1	4.451,60	3.357	7.809	467	España
Bombas 5	1	12.400,00	----	12.400	1.302	Argentina
Bombas 6	1	5.983,74	11.348	17.332	628	Italia
Bombas 7	1	5.983,74	11.348	17.332	628	Italia
Bombas 8	1	3.545,92	1.562	5.108	372	USA
Bombas 9	1	5.923,59	1.562	7.486	622	USA
Bombas 10	1	4.166,46	1.562	5.729	437	USA
Bombas 11	1	4.840,18	1.562	6.403	508	USA
Bombas 12	1	5.709	1.562	7.271	599	USA
Bombas 13	1	6.336,35	3.357	9.694	665	España
MONTO TOTAL				7.444.537		
MONTO TOTAL IVA				868.420		
MONTO TOTAL FLETES				413.067		

Fuente. Elaboración propia.



Tabla 12.4. Costos totales en accesorios de proceso.

Denominación Técnica	Nº unid. m/ Nº	Precio unitario	Flete y otros gastos	Costo total otros gastos	I.V.A.	País Origen
Codo recto	43	62,54	26,89	2.716	565	Argentina
Válvula de asiento	13	1.254,65	163,10	16.474	3.425	Argentina
Válvula de retención	13	689,14	89,59	9.048	1.881	Argentina
Codo T	2	117,31	2,35	237	49	Argentina
Cañería 2"	7,50	88,31	6,62	669	139	Argentina
Cañería 1 1/4"	6,00	68,51	4,11	415	86	Argentina
Cañería 1"	42,00	48,26	20,27	2.047	426	Argentina
Cañería 1/2"	55,20	34,85	19,24	1.943	404	Argentina
Cañería 3/4"	20,60	27,74	5,71	577	120	Argentina
MONTO TOTAL		33.788				
MONTO TOTAL IVA		7.166				
MONTO TOTAL FLETES		338				

Fuente. Elaboración propia.

12.3.1.3 Accesorios industriales

Esta categoría comprende todos los dispositivos necesarios para el control y medición de las variables del proceso, el equipamiento del laboratorio para realizar los análisis requeridos para garantizar la calidad e inocuidad del producto final y los dispositivos para automatización del proceso, según lo establecido y evaluado en el Capítulo 8. Control de calidad.

Los precios de los mismos se obtienen de relevamiento realizados a diferentes proveedores a través de sus páginas web. El costo de flete se supone del 1% del costo total de los accesorios, y la alícuota del IVA del 21% de acuerdo a lo establecido por la ley 25.063.

En las Tablas 12.5 y 12.6 se detallan los costos totales de los accesorios industriales y de laboratorio respectivamente.



Tabla 12.5. Costos totales de accesorios industriales.

Denominación Técnica	Nº unid. m/Nº	Precio unitario	Flete y otros gastos	Costo total en fábrica	I.V.A.	País Origen
Sensores de temperatura	4	1.989,00	79,56	8.036	1.671	Argentina
Sensores de nivel	8	1.350,00	108,00	10.908	2.268	Argentina
Sensores de pH	8	5.279,00	422,32	42.654	8.869	Argentina
Caudalímetro	12	1.508,00	180,96	18.277	3.800	Argentina
Tacómetro	4	1.105,00	44,20	4.464	928	Argentina
Balanza	1	2.980,00	29,80	3.010	626	Argentina
Manómetro	4	1.190,00	47,60	4.808	1.000	Argentina
MONTO TOTAL		91.244				
MONTO TOTAL IVA		19.353				
MONTO TOTAL FLETES		912				

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 12.6. Costos totales de accesorios de laboratorio.

Denominación Técnica	Nº unid. m/Nº	Precio unitario	Flete y otros gastos	Costo total en fábrica	I.V.A.	País Origen
Material de vidrio	1	2.415,00	24,15	2.439	507	Argentina
Cromatógrafo de líquido	1	465.000,00	4.650,00	469.650	97.650	Argentina
Peachímetro digital	1	500,00	5,00	505	105	Argentina
Tamiz 75 mm	1	670,00	6,70	677	141	Argentina
Mufla	1	10.000,00	100,00	10.100	2.100	Argentina
Conductímetro	1	850,00	8,50	859	179	Argentina
MONTO TOTAL			479.435			
MONTO TOTAL IVA			101.688			
MONTO TOTAL FLETES			4.794			

Fuente. Elaboración propia.

12.3.1.4 Resumen de activos fijos

En la Tabla 12.7 se resumen los activos fijos involucrados en el desarrollo del proyecto. En la Figura 12.2 se detallan los porcentajes relativos al total de cada categoría.



Tabla 12.7. Costos totales de los activos fijos.

Rubro	Costos
Equipos	7.444.537
Accesorios de proceso	33.788
Accesorios industriales	91.244
Accesorios de laboratorio	479.435
COSTO TOTAL	8.049.004

Fuente. Elaboración propia.

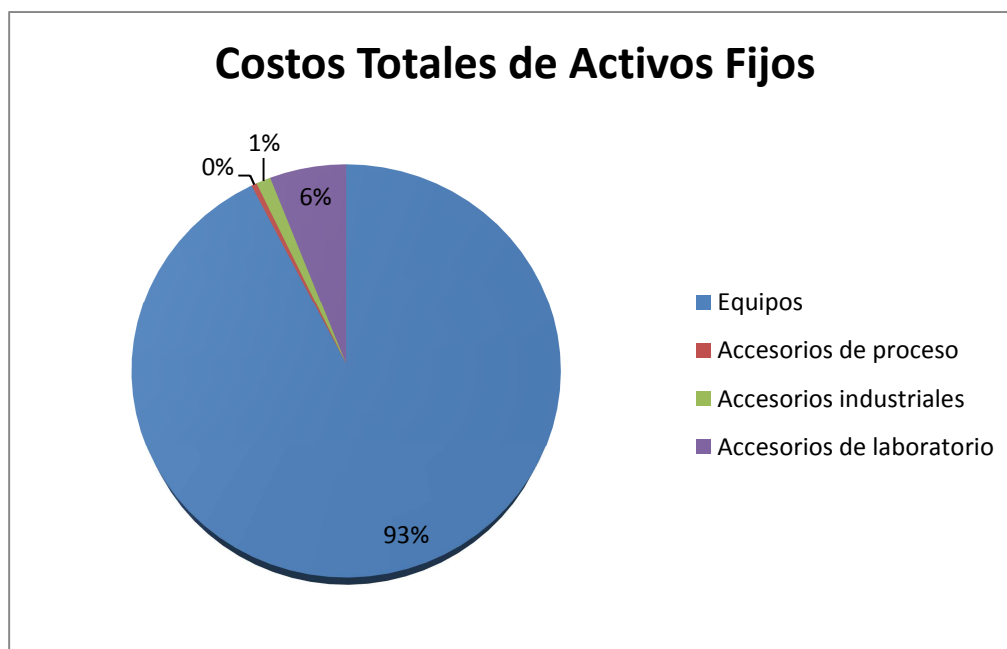


Figura 12.2. Costos totales de activos fijos.

12.3.2 Activos intangibles

Los activos intangibles incluyen todos los servicios o derechos de la empresa necesarios para el inicio de su funcionamiento. Entre ellos se distinguen ingeniería de proyecto, supervisión y montaje de la planta, gastos de puesta en marcha, capacitación del personal, costos de automatización y un monto adicional correspondiente a imprevistos.

12.3.2.1 Ingeniería de proyecto

Para el cálculo de esta categoría se toma como referencia el Decreto de la Ley N°1332 serie "C" de la ley N° 4538, la cual establece en su título II, capítulo IV, artículo N°78 que "Los honorarios por proyecto y dirección para obras de



construcción única serán proporcionales al costo del terreno y los honorarios mismos”. Para el caso de obras de tercera clase (industria manufacturera de elaboración, química de fermentación y farmacéutica), establece un 10% del costo físico de la planta (activos fijos) para proyectos entre \$5.000.000 y \$25.000.000.

12.3.2.2 Supervisión de montaje de la planta y puesta en marcha

El costo de la supervisión del proyecto se estima en un 5% del costo de obras civiles, excluyendo el valor del terreno. Las tareas comprendidas son la dirección y administración de toda la obra de construcción e instalación de maquinarias y equipos.

El costo relativo a la puesta en marcha se estima en un 5% del monto total de equipos y accesorios. En este caso, al ser el modo de operación discontinuo, implica calibrar todos los equipos y accesorios para obtener las condiciones de operación ideales que permitan lograra la calidad y los rendimientos establecidos para el proceso (Baca Urbina, 2001).

12.3.2.3 Capacitación de personal

Para dar comienzo a la actividad industrial, es necesario capacitar al personal previamente para que el mismo posea las competencias necesarias para desempeñarse correctamente su puesto de trabajo. El primer año se realiza capacitación a todo el personal de la planta, mientras que los años subsiguientes se realiza capacitaciones de acuerdo a las necesidades y requerimientos detectados.

12.3.2.4 Resumen de activos intangibles

En la Tabla 12.8 se resumen los activos intangibles involucrados en el desarrollo del proyecto, cuya distribución porcentual se ilustra en la Figura 12.3.

Tabla 12.8. Costos totales de activos intangibles.

Rubro	Costos
Ingeniería del proyecto	1.249.243
Montaje de planta	222.171
Puesta en marcha	378.478
Capacitación del personal	30.000
COSTO TOTAL	1.879.892

Fuente. Elaboración propia.

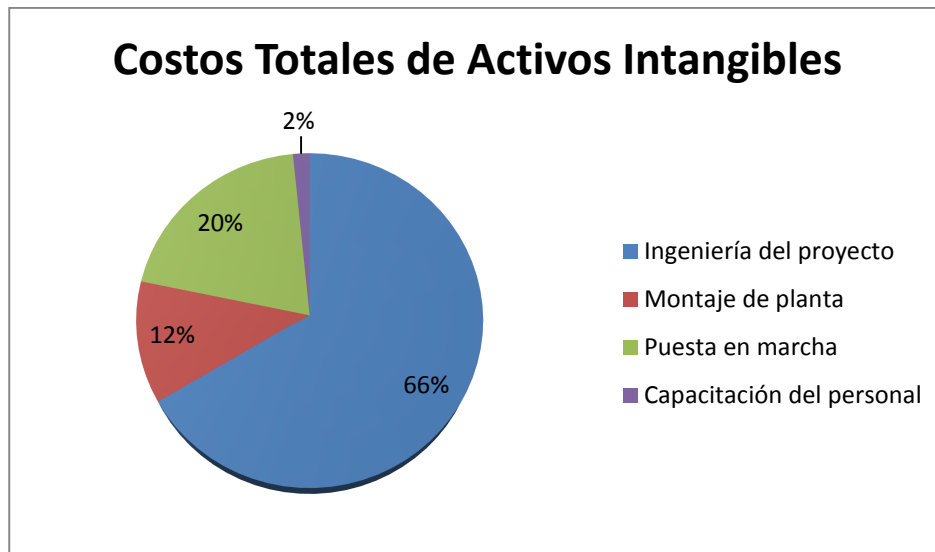


Figura 12.3. Costos totales de activos intangibles.

12.3.3 Capital de trabajo

Como se definió anteriormente, el capital de trabajo es la financiación necesaria para obtener el primer lote de producción antes de recibir ingresos.

El período financiado se considera de 1 mes. Los costos tenidos en cuenta en este período son: costos de materia prima e insumos. En la Tabla 12.9 se detalla el capital de trabajo.

Tabla 12.9. Capital de trabajo.

Rubros	Costos
Materias primas	592.373,09
Insumos	44.913,08
MO directa	1.973.604,17
Servicios auxiliares	8.646,68
TOTAL	2.619.537,54

Fuente. Elaboración propia.

12.3.4 Resumen de la inversión total del proyecto

En la Tabla 12.10 se resumen los componentes de la inversión total del proyecto. En la Figura 12.4 se muestra cómo interviene cada factor en la misma.



Tabla 12.10. Inversión total del proyecto.

Rubro	Costos
I. INVERSIONES FIJAS	
a) ACTIVOS FIJOS	
Terrenos y mejoras (Inmuebles)	291.200
Obras civiles y construcciones complementaria	3.989.637
Instalaciones industriales y auxiliares	453.785
Maquinarias y equipos	7.444.537
Transporte de maquinaria y equipos	413.067
Accesorios de proceso	33.788
Accesorios industriales	91.244
Transporte de accesorios de proceso e industriales	1.250
Equipos de laboratorio	479.435
Transporte de equipos de laboratorio	4.794
SUBTOTAL (a)	13.202.737
b) ACTIVOS INTANGIBLES	
Ingeniería del proyecto	1.249.242
Montaje de planta	222.171
Puesta en marcha	378.478
Capacitación del personal	30.000
SUBTOTAL (b)	1.879.892
TOTAL (a) + (b)	15.082.630
IVA (21%)	1.602.993
IVA (10,5%) (Bienes de capital)	781.676
TOTAL INVERSIONES FIJAS	17.467.299
II. CAPITAL DE TRABAJO	2.619.538
IVA sobre bienes de cambio	550.103
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO	3.169.640
III. TOTAL INVERSIÓN PROYECTO	20.635.894

Fuente. Elaboración propia.

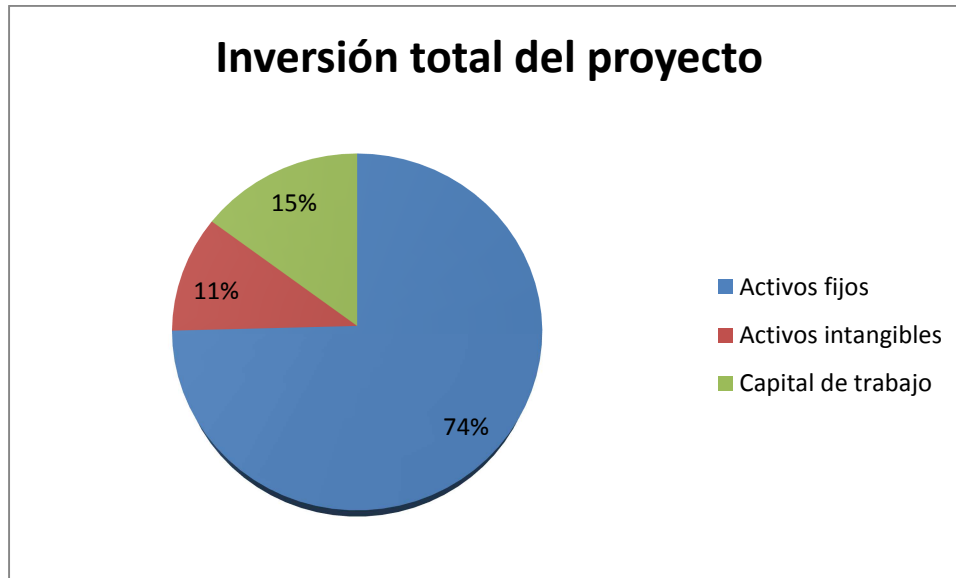


Figura 12.4. Inversión total del proyecto.

12.4 Costos totales de producción

Los costos totales de producción son los gastos necesarios para mantener el proyecto en funcionamiento. En la Figura 12.5, se detalla cómo se constituyen los mismos.

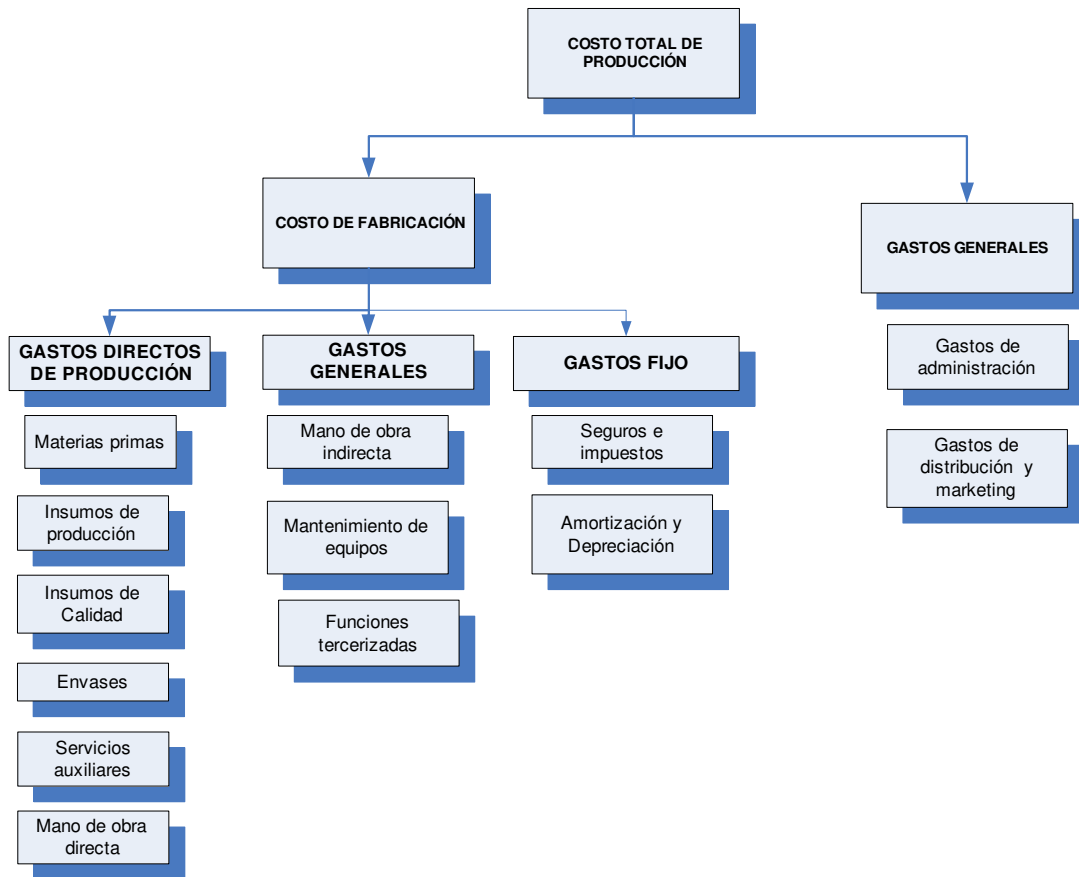


Figura 12.5. Costos totales de producción.

12.4.1 Costos de fabricación

12.4.1.1 Costos Directos

Los costos directos de producción son aquellos que están íntimamente relacionados con el volumen de producción. Los mismos están compuestos por materias primas, insumos, envases, servicios auxiliares y mano de obra directa.

12.4.1.1.1 Materia prima

Las materias primas requeridas en el proceso son la biomasa desechada de las plantas de producción de ácido cítrico y el HCl.



12.4.1.1.2 Insumos

Los insumos se dividen en tres categorías los insumos necesarios para la producción, los insumos para efectuar las limpiezas y los insumos necesarios para realizar el control de calidad a las materias primas y al producto terminado.

En la Tabla 12.11 se presentan las materias primas e insumos, con las cantidades requeridas para el primer año de producción.

Tabla 12.11. Costos de materia prima e insumos.

Descripción	Cantidad anual necesaria			Unidad de medida	Costo unit. S/IVA	Fletes	Total
	Ap. Efec.	Desp. Prod.	Total				
MATERIAS PRIMAS							
Biomasa	79.926,55	0,00	79.926,55	kg	25,96	34.177,66	2.109.070,95
HCl 30%	180.072,62	180,07	180.252,69	kg	4,59	18.650,94	846.010,79
INSUMOS							
Envases	6.050,00	302,50	6.352,50	c/u	3,43		21.789,08
Cajas	605,00	60,50	665,50	c/u	6,67		4.438,89
Carbón activado	1.968,75	196,88	2.165,63	kg	104,00		225.225,00
Alcohol etílico	9.450,00	945,00	10.395,00	l	10,85		112.785,75
Agua desionizada	19.686,75	1.968,68	21.655,43	kg	0,85		18.407,11
Ácido Nítrico	1.500,00	150,00	1.650,00	l	14,27		23.545,50
NaOH	2.000,00	200,00	2.200,00	l	6,85		15.070,00
Ac fosfórico	300,00	30,00	330,00	l	39,65		13.084,50
Hipoclorito de sodio	800,00	80,00	880,00	l	5,87		5.165,60
Detergente concentrado	600,00	60,00	660,00	l	17,40		11.484,00
Espuma alcalina clorada	900,00	90,00	990,00	l	35,53		35.174,70
Espuma ácida	900,00	90,00	990,00	l	53,32		52.786,80
COSTOS M. P.							2.955.081,75
COSTOS INSUMOS							538.956,92
COSTOS TOTALES							3.494.038,67

Fuente. Elaboración propia.



12.4.1.1.3 Servicios Auxiliares

El cálculo del costo de los servicios auxiliares, se realiza según lo detallado en el Capítulo 10. Servicios auxiliares. Los mismos se detallan en la Tabla 12.12.

Tabla 12.12. Costos de servicios auxiliares.

Rubro	Consumo unitario	Tiempo anual	Consumo total	Unidad	Precio Unit.	Precio Total	TOTAL
Energía Eléctrica	206,04	2.200	453.277,50	kwh	0,22	97.799,15	97.799,15
Gas	0,55	2.200	1.200,00	m3	4,86	5.832,00	5.832,00
Agua	0,02	43	43,02	m3	3,00	129,06	129,06
COSTO TOTAL							103.760,21

Fuente. Elaboración propia.

12.4.1.1.4 Mano de obra directa

La mano de obra directa incluye a aquellas personas que trabajan en relación directa con la producción. En la Tabla 12.13 se especifican estos costos.

Tabla 12.13. Costos de mano de obra directa.

SECTOR	CARGO	Cantidad de personal	Jornal por hora	Gasto anual nominal	Cargas sociales (45%)	Gasto total anual
Producción	Encargado	1	75,916	223.132,83	100.409,77	323.542,60
Producción	Operario	6	64,703	1.137.973,49	512.088,07	1.650.061,57
COSTO TOTAL						1.973.604,17

Fuente. Elaboración propia.

12.4.1.1.5 Resumen de costos directos

En la Tabla 12.14 se resumen los costos directos para el primer año. Y en la Figura 12.6 se representa la composición de los mismos.

Tabla 12.14. Costos directos.

Rubros	Costos
Materias primas	2.955.081,75
Insumos	538.956,92
Servicios auxiliares	103.760,21
MO directa	1.973.604,17
TOTAL	5.571.403,05

Fuente. Elaboración propia.

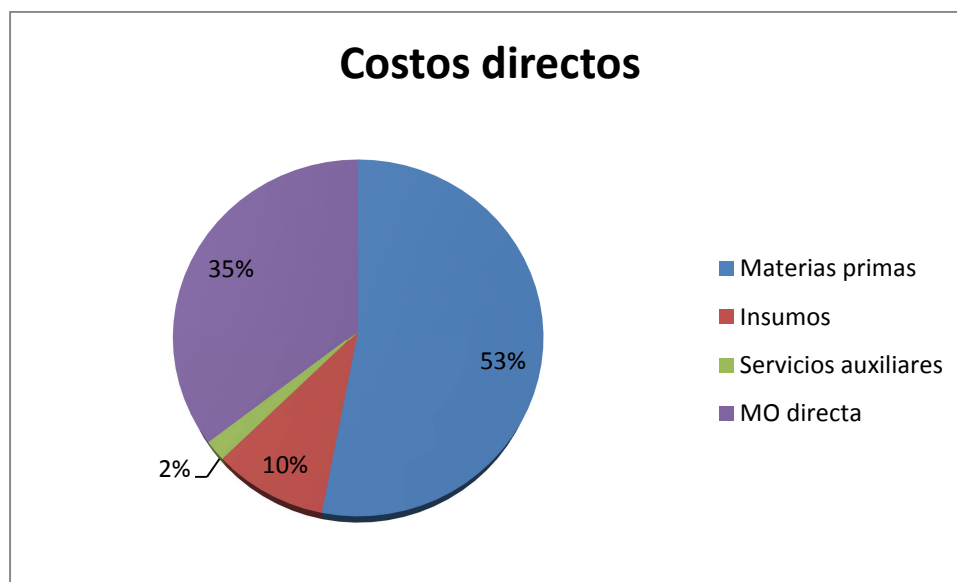


Figura 12.6. Costos directos.

12.4.1.2 Gastos generales

Esta categoría comprende la mano de obra indirecta, el mantenimiento de equipos y las funciones tercerizadas contratadas por la empresa.

12.4.1.2.1 Mano de obra indirecta

La mano de obra indirecta está conformada por el personal que no interviene directamente en la transformación de la materias primas. En la Tabla 12.15 se especifican estos gastos.

Tabla 12.15. Costos de mano de obra indirecta.

Sector	Cargo	Cantidad de personal	Jornal por hora	Gasto anual nominal	Cargas sociales (45%)	Gasto total anual
Compras	Administrativo	1	18.695,58	251.142,54	113.014,14	364.156,68
Control de calidad	Analista de laboratorio	1	16.682,51	224.972,63	101.237,68	326.210,31
Mantenimiento	Operario	1	64,70	196.412,25	88.385,51	284.797,76
Ventas	Auxiliar	1	16.070,58	251.142,54	70.319,91	321.462,45
TOTAL DE COSTOS						1.296.627,21

Fuente. Elaboración propia.



12.4.1.2.2 Mantenimiento de equipos

Se consideran los costos de las operaciones de mantenimiento de carácter preventivo que se realizan sobre los equipos que intervienen en el proceso de producción, referidos a materiales y refacciones sin considerar en esta categoría sueldos del personal de mantenimiento. El costo de mantenimiento se consideró un 2% del costo de los equipos.

12.4.1.2.3 Resumen de gastos generales

En la Tabla 12.16 se especifican las porciones que componen los gastos generales y en la Figura 12.7 se puede visualizar esto.

Tabla 12.16. Costos generales.

Rubros	Costos
MO indirecta	1.296.627,21
Mantenimiento de equipos	148.890,73
TOTAL	1.445.517,94

Fuente. Elaboración propia.

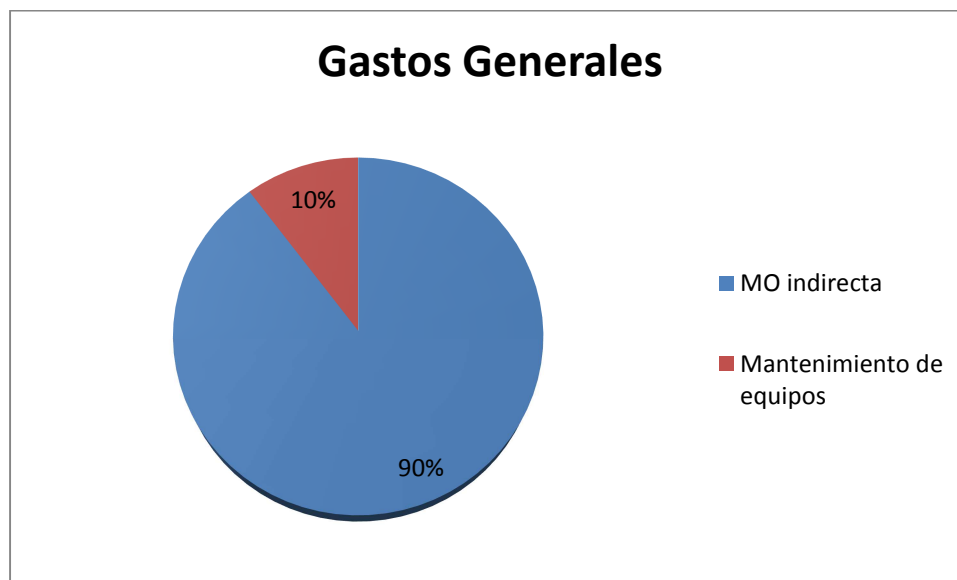


Figura 12.7. Costos generales.

12.4.1.3 Gastos fijos

Son los costos que no varían con la cantidad de producción, incluyen costos de seguros, impuestos y depreciación, y están en función directa del capital invertido.



12.4.1.3.1 Seguros e impuestos

Las empresas radicadas en la provincia de Santa Fe cuentan con la posibilidad de desgravación impositiva establecida en la ley N°8478 de Promoción de industrias, la cual otorga la exención, reducción y/o diferimiento de tributos por períodos determinados hasta un plazo máximo de 10 años.

Se considera el pago del impuesto al débito/crédito cuyo monto se calcula como el 0,60% del monto correspondiente a la inversión por activos fijos, mientras que el costo del seguro se calcula como un 10% sobre este mismo monto.

12.4.1.3.2 Amortizaciones y depreciaciones

Los cargos de depreciación y amortización son cargos virtuales permitidos por la ley para el recupero de la inversión realizada. Tienen como objetivo reconocer el desgaste o agotamiento que sufre todo activo al ser utilizado para el desarrollo de las actividades de la empresa. Los activos fijos se deprecian durante el tiempo de vida útil establecido, mientras que los activos intangibles se amortizan. Los cargos anuales se calculan en base a los porcentajes de depreciación establecidos por la ley tributaria. El valor de salvamento (VS) hace referencia al valor que tendría el bien una vez finalizado el periodo del proyecto. Se toma como periodo 10 años, sin embargo cabe destacar que la categoría muebles y útiles alcanza su VS en el quinto año, debido a su tasa de depreciación.

12.4.1.3.3 Resumen de los gastos fijos

En la Tabla 12.17 se resumen los gastos fijos para el primer año, y en la Figura 12.8 se representa la composición de los mismos.

Tabla 12.17. Gastos fijos.

Rubros	Costos
Seguros	1320125,99
Impuesto al crédito/débito	79.207,56
Amortización bienes de uso	951.321,93
TOTAL	2.350.655,47

Fuente. Elaboración propia.

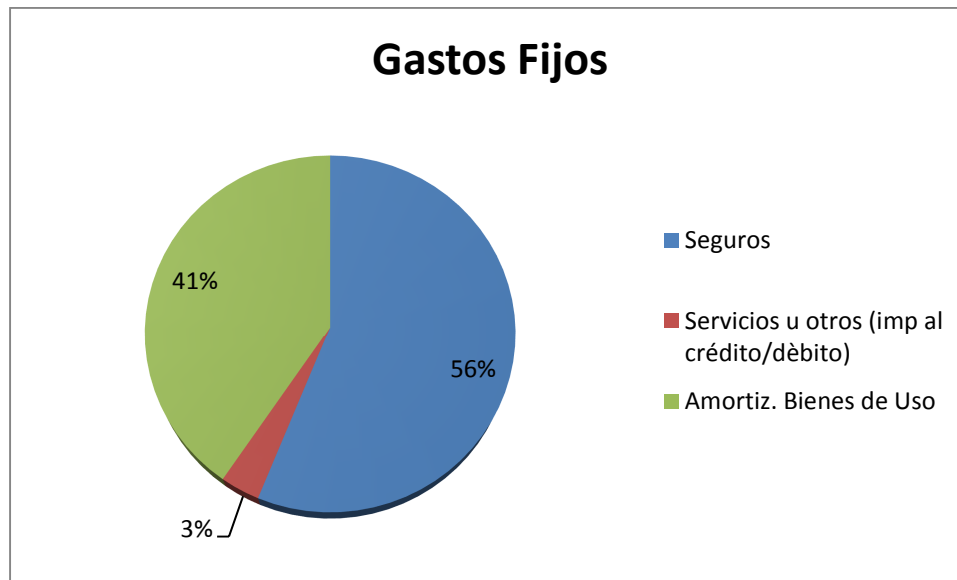


Gráfico 12.8. Gastos fijos.

12.4.2 Gastos generales

Los gastos generales son necesarios para la administración, distribución y manejo efectivo de la venta del producto. Dentro de esta sección se incluyen los gastos de administración, distribución y marketing.

Los gastos de administración se consideran se consideran el 0,5% de los costos totales de la producción, mientras que los gastos de comercialización se estiman como 5% de los mismos.

En la Tabla 12.18 y la Figura 12.9 se especifican los gastos generales.

Tabla 12.18. Gastos generales.

Rubros	Costos
Gastos de administración	18.353,86
Gastos de comercialización	3.670,77
TOTAL	22.024,64

Fuente. Elaboración propia.

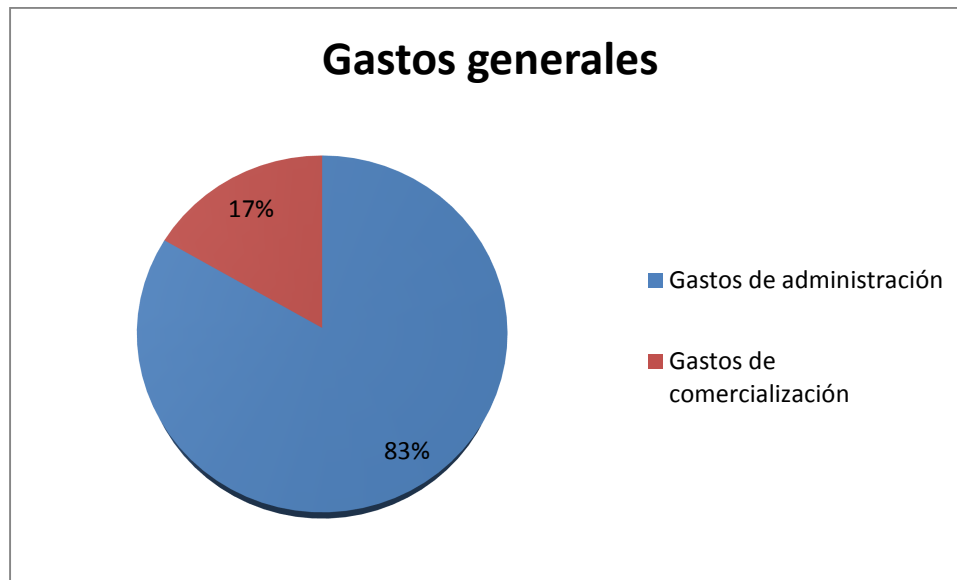


Figura 12.9. Gastos generales.

12.4.3 Composición de los costos

Para un posterior análisis de las variables resulta interesante conocer la composición de los costos y cuáles son los de mayor influencia.

12.4.3.1 Costo unitario

Es el costo de producir un kilo de clorhidrato de glucosamina, el mismo varía con el nivel de producción y se calcula con la siguiente ecuación.

$$C_u = \frac{CF + CV}{U}$$

Donde:

C_u : Costo unitario total en \$/kg

CF: Costos fijos

CV: Costos variables (costos directos)

U: cantidades producidas de cada uno

En la Tabla 12.19 se exponen los costos de producción para clorhidrato de glucosamina en un periodo de 10 años.



Tabla 12.19. Costos de producción.

Periodo	Volumen de venta	Costos fijos	Costos variables	Costo unitario	Costo total
Año 1	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 2	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 3	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 4	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 5	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 6	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 7	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 8	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 9	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10
Año 10	6.050,44	3.818.198,05	5.571.403,05	1551,89	9.389.601,10

Fuente. Elaboración propia.

12.4.3.2 Ingresos por ventas

Los ingresos por ventas se definen como la cantidad de dinero que la empresa percibe en concepto de venta de producción.

Del análisis del mercado se obtienen los precios de venta del producto elaborado, cuyo promedio es 4.961,60 \$/kg. En el año 1 de producción se obtiene un ingreso por ventas de \$23.715.692.

12.5 Financiación del proyecto

La financiación es la contribución de dinero que realizan las empresas para cubrir cualquier necesidad económica. Las maneras más comunes de obtener la financiación son a través de préstamos o de créditos, los cuales podrán ser entregados por personas físicas (inversionistas), personas morales (otras empresas), instituciones de créditos (bancos) o una combinación de ellos.

Para el presente proyecto el 100% del capital necesario para realizar la inversión inicial proviene de un crédito otorgado por el Banco Nación, cuya línea de crédito presenta las siguientes características:

- Destino: Proyecto de inversión productiva
- TNA fija: 20 %
- Sistema de amortización: Francés
- Frecuencia de amortización: anual



- Moneda: Pesos
- Cantidad de cuotas: 10

En la Tabla 12.20 se detallan las características del crédito adquirido.

Tabla 12.20. Características del crédito adquirido.

Período	Monto cuota (\$)	Interés (\$)	Amortización (\$)	Capital adeudado (\$)
0				20.635.893,70
1	2.257.439,66	343.931,56	1.913.508,09	18.722.385,61
2	2.257.439,66	312.039,76	1.945.399,90	16.776.985,71
3	2.257.439,66	279.616,43	1.977.823,23	14.799.162,48
4	2.257.439,66	246.652,71	2.010.786,95	12.788.375,54
5	2.257.439,66	213.139,59	2.044.300,06	10.744.075,47
6	2.257.439,66	179.067,92	2.078.371,73	8.665.703,74
7	2.257.439,66	144.428,40	2.113.011,26	6.552.692,48
8	2.257.439,66	109.211,54	2.148.228,11	4.404.464,37
9	2.257.439,66	73.407,74	2.184.031,92	2.220.432,45
10	2.257.439,66	37.007,21	2.220.432,45	0,00

Fuente. Elaboración propia.

12.5.1 Determinación de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

La TMAR es la tasa mínima de ganancia esperada para la inversión realizada. La misma se define de la siguiente manera:

$$TMAR = i + f$$

Donde:

i: Inflación

f: Premio al riesgo

El premio al riesgo significa el verdadero crecimiento del dinero y se le llama así porque el inversionista siempre arriesga su dinero y por arriesgarlo merece una ganancia adicional sobre la inflación. Como el premio es arriesgar, significa que a mayor riesgo, se merece mayor ganancia.

Por lo antes dicho se considera una TMAR= 25%.



12.6 Estado de resultado

El estado de resultados implica un análisis de la utilidad neta y los flujos netos de efectivo (FNE) del proyecto que son, en forma general, el beneficio real de la operación de la planta. Este beneficio puede calcularse restando a los ingresos generados por las ventas, todos los costos en los que incurre la planta y los impuestos a pagar (Baca Urbina, 2001).

En la Tabla 12.21 se muestran las ecuaciones para el cálculo de la utilidad neta y el flujo neto de efectivo.

Tabla 12.21. Ecuaciones para el calcula de la utilidad neta y el FNE.

	Ecuación
Ingreso por vetas (I)	$I = Q \times P$
Costo total de Producción (CP)	$CP = CF + G$
Utilidad Bruta (UB)	$UB = I - CP - I$
Utilidad Neta (UN)	$UN = UB - IG$
Flujo Neto de Efectivo (FNE)	$FNE = UN + D - PP + CT$

Donde:

Q: Cantidad producida y vendida

P: Precio de venta

CF: Costo de fabricación

G: Gastos generales

I: Intereses

IG: Impuestos a las ganancias

D: Depreciaciones y amortizaciones

PP: Pago principal

CT: Capital de trabajo

En la Tabla 12.22 se detalla los cálculos para la obtención del FNE durante un período de 10 años.



Tabla 12.22. Obtención de los Flujos Netos Efectivos.

Ejercicios	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas Netas	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692	23.715.692
Costo de producción de lo vendido	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066	9.391.066
RESULTADO OPERATIVO	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625	14.324.625
Gastos de Administración	18.354	18.354	18.354	18.354	18.354	18.354	18.354	18.354	18.354	18.354
Gastos de Comercialización	9.391	9.391	9.391	9.391	9.391	9.391	9.391	9.391	9.391	9.391
Gastos de Financiación	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440	2.257.440
Depreciación-Amortización	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322
RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119	11.088.119
Depreciación-Amortización	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322	951.322
Impuesto a las Ganancias	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804	4.213.804
FLUJO NETO DE EFECTIVO	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637	7.825.637

Fuente. Elaboración propia.



SECCIÓN II: EVALUACIÓN ECONÓMICA-INDICADORES DEL PROYECTO

La evaluación económica de un proyecto de inversión analiza los indicadores de liquidez, rentabilidad y riesgo económico. Se realiza a través del estudio del comportamiento de diversos indicadores económicos, complementarios entre sí, entre los cuales se encuentran el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de Recuperación de la inversión (PRI), y la relación Beneficio/Costo (B/C).

12.7 Valor actual neto (VAN)

El VAN es el indicador financiero que permite determinar la viabilidad de un proyecto y que resulta de descontar la inversión inicial de los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá el proyecto, actualizados al tiempo presente.

El valor del VAN para el proyecto, calculado a partir de los valores de los flujos netos de efectivos actualizados mediante una tasa de descuento igual a la TMAR, es igual a \$12.722.972.

El resultado positivo del VAN indica que el proyecto es viable, ya que refleja el valor en que ha aumentado el capital invertido.

12.8 Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa porcentual que hace que el VAN sea igual a cero, es decir, es la tasa que iguala la inversión inicial a la suma de los flujos futuros actualizados al tiempo presente. Indica la tasa de interés máxima a la que se debe contraer préstamos sin incurrir en futuros fracasos financieros. El TIR correspondiente a los 10 años del proyecto es de 37%.

Dado a que el valor obtenido es mayor a la TMAR se puede concluir que el proyecto es rentable.

12.9 Período de recupero de la inversión (PRI)

Este indicador permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de un proyecto recuperen la inversión inicial, la cual incluye el capital de trabajo y el flujo de ingresos promedio de los 10 años. Este proyecto tiene un periodo de recupero de la inversión inicial de 2 años y 7 meses, como lo muestra la Tabla 12.21.



Tabla 12.23. Período de recupero de la inversión.

Período	FNE (\$)	Monto a recuperar (\$)
Inversión inicial		\$ 20.635.894
Año 1	7.825.637	\$ 12.810.257
Año 2	7.825.637	\$ 4.984.621
Mes 1	652.136	\$ 4.332.484
Mes 2	652.136	\$ 3.680.348
Mes 3	652.136	\$ 3.028.212
Mes 4	652.136	\$ 2.376.075
Mes 5	652.136	\$ 1.723.939
Mes 6	652.136	\$ 1.071.802
Mes 7	652.136	\$ 419.666
Mes 8	652.136	\$ 232.470

Fuente. Elaboración propia.

12.10 Relación beneficio/costo (B/C)

La relación beneficio/costo resulta de dividir el valor actualizado de los ingresos del proyecto entre el valor actualizado de los egresos a una tasa actualizada igual a la TMAR.

Los beneficios incluyen todos los ingresos actualizados del proyecto, desde ventas hasta recuperaciones y todo tipo de entradas de dinero, los costos abarcan los costos de operación, inversiones, pago de impuestos, depreciaciones, intereses, etc. de cada uno de los años del proyecto.

Los criterios para analizar el resultado son: si la relación es mayor a la unidad, el proyecto es aceptable porque el beneficio es superior al costo, si la relación es menor a la unidad, el proyecto debe rechazarse porque no existen beneficios, si la relación es igual a la unidad, no hay beneficios ni pérdidas, por lo tanto es indiferente realizar o no el proyecto.

La relación B/C calculada para este proyecto es de 1,55. Al ser la misma superior a la unidad, se puede concluir que el proyecto es rentable.

SECCIÓN III: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se denomina análisis de sensibilidad al procedimiento por medio del cual se puede determinar qué tan sensible es la TIR ante cambios en determinadas variables de la inversión, considerando que las demás se mantienen constantes. El



interés esencial de este análisis es conocer qué variable afecta en mayor medida el resultado de operación del proyecto de inversión.

Para el presente proyecto se analiza cómo varía la TIR respecto a cambios en los costos de la materia prima, cambios en los volúmenes de ventas para cada producto, y variaciones en el precio de venta de los mismos.

Para los cálculos, se considera que la inversión inicial no presenta variación, ya que se mantiene el objetivo inicial de cumplir con la capacidad de producción propuesta originalmente.

En las Figuras 12.9 y 12.10 se detalla el análisis de sensibilidad de la TIR y del VAN respectivamente.

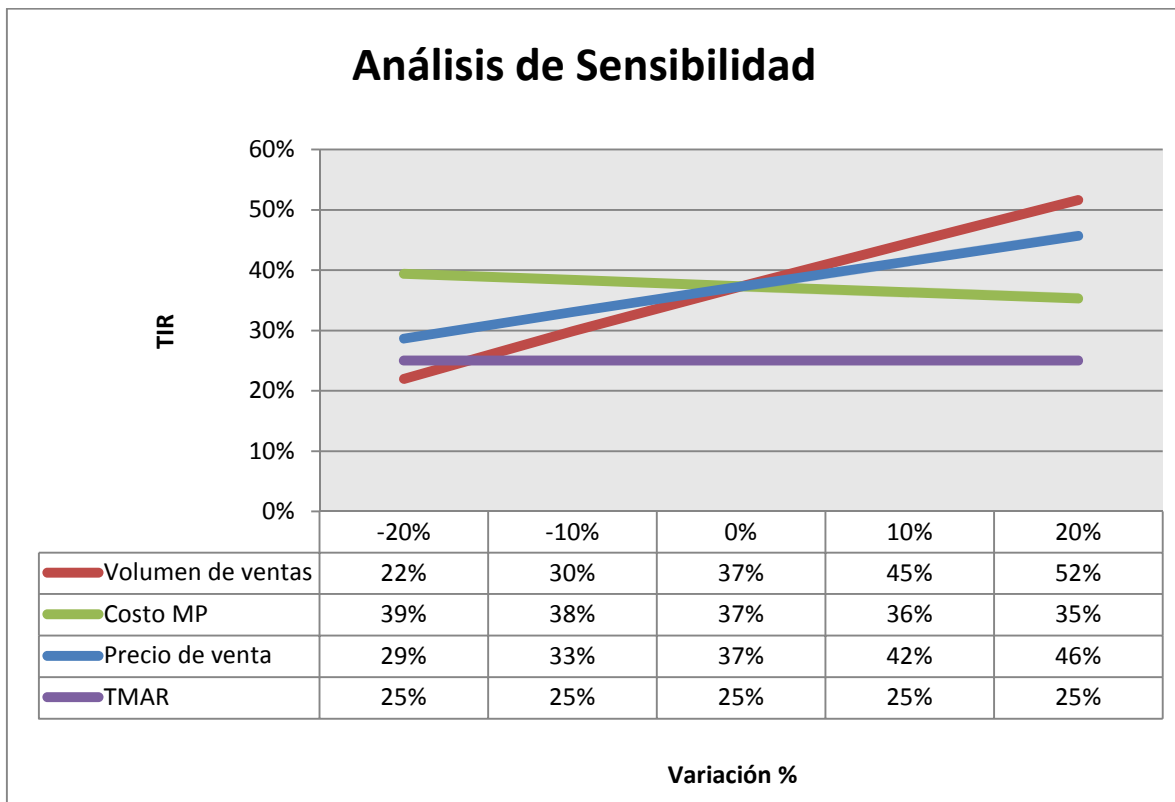


Figura 12.9. Análisis de sensibilidad de la TIR.

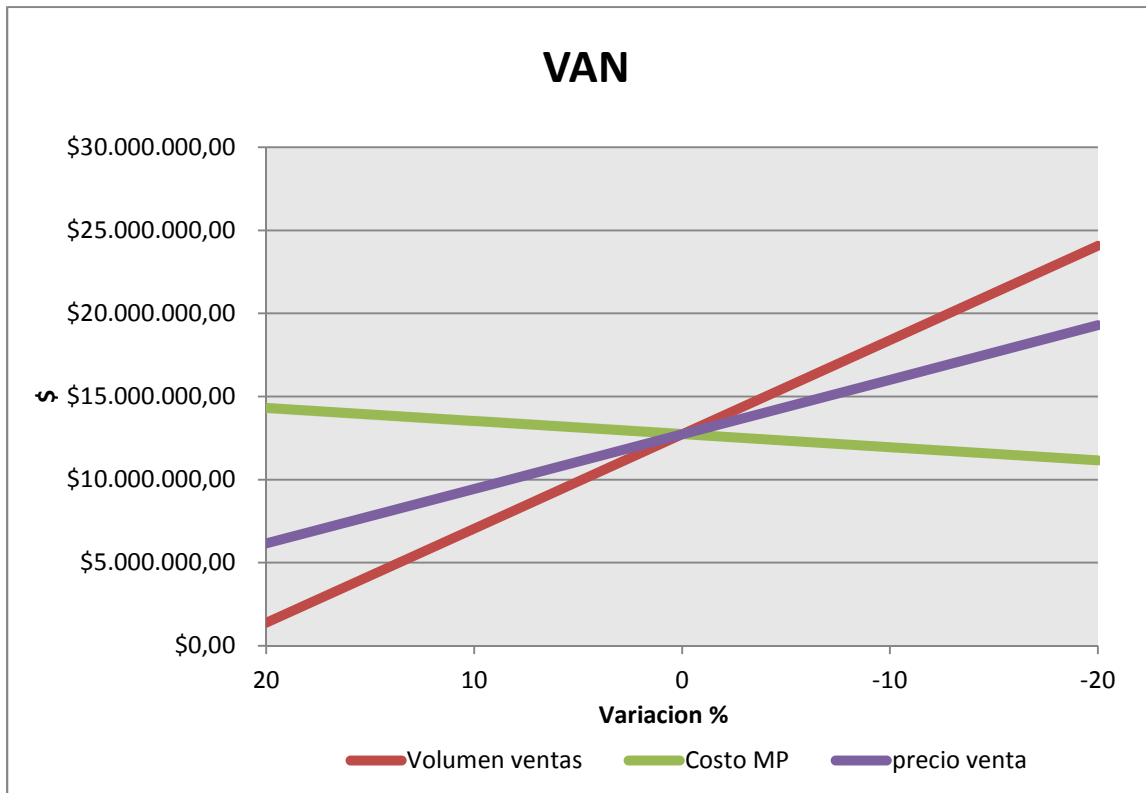


Figura 12.10. Análisis de sensibilidad del VAN.

Analizando los gráficos de sensibilidad, es posible apreciar que la variación del volumen de ventas es el factor que tiene mayor influencia sobre la TIR y VAN, pudiéndose detectar esto debido a que la recta que representa su variación es la de mayor pendiente. De acuerdo a esto, si el mismo disminuye más del 15%, el proyecto no sería rentable e incluso estaría incurriendo en pérdidas.

En el caso de la variación de los precios de venta de la glucosamina, se puede concluir que tiene una influencia menor sobre la TIR y VAN. El mismo debería disminuir aproximadamente un 30% para que el proyecto deje de ser rentable.

Se puede visualizar también, que la variación de los costos de las materias primas no producen una variación significativa de la TIR y VAN, por lo que la variación de los mismos no producirían un marcado efecto sobre la rentabilidad.



12.11 Conclusiones

El análisis económico financiero realizado al presente proyecto permite concluir que de acuerdo a las condiciones planteadas, en nuestro país, el mismo constituye una alternativa viable en la actualidad.

Para la puesta en marcha de la planta productora de glucosamina es necesario realizar una inversión inicial de \$20.635.894, la cual proviene de un crédito a 10 años, otorgado por el Banco Nación Argentina.

De la determinación de los indicadores de liquidez, rentabilidad, riesgo, tales como VAN, TIR, PRI, B/C, se puede concluir que el proyecto es económicamente factible de realizar, con los volúmenes, costos y precios establecidos.

Del análisis de sensibilidad, se puede afirmar que la variación de los volúmenes de ventas de glucosamina producen una variación significativa de la TIR y VAN, por lo que el mismo no puede disminuir más del 15 % debido a que en ese caso el proyecto no sería económicamente rentable. Además, se nota una influencia menor, pero no por ello menos importante, de la variación del precio de venta, el cuál no puede disminuir más del 30%.



CONCLUSIONES

El clorhidrato de glucosamina tiene un uso creciente en nuestro país con fines medicinales y se prevé que en los años venideros se incremente su empleo como suplemento en diversas comidas y bebidas.

En la actualidad, toda la glucosamina consumida en Argentina es importada principalmente de China e India, por lo que es sumamente ventajoso poder producirla en nuestro país.

Para la selección del proceso de producción, se empleó como criterio la obtención de glucosamina de mayor calidad y al menor costo. Teniendo en cuenta esto, el proceso de producción a partir de hongos resulta económicamente más rentable, debido a que se puede elaborar glucosamina empleando como materia prima el desecho de biomasa de la producción de ácidos orgánicos, teniendo el beneficio adicional de utilizar un desecho que debe ser tratado como efluente para poder ser eliminado.

De los tipos de hongos empleados en la elaboración de glucosamina, el *A. Niger*, es el que presenta mayor rendimiento.

La glucosamina producida se destina a abastecer a los laboratorios farmacéuticos, ya que la misma es producida en polvo y se consume, generalmente, con el agregado de otros compuestos. Se estima que la demanda en el 2025 será de 3.500 t. Nuestro proyecto sólo cubre un 2,52% de la misma debido a que la producción se ve limitada a la cantidad de desecho de biomasa obtenida de dos proyectos de producción de ácido cítrico.

La localización de la planta optimiza la producción, por tener en las cercanías tanto el abastecimiento de las materias primas, como así también, los mercados actuales y potenciales para la glucosamina.

Una buena distribución de las instalaciones y equipos de la planta, reduce costos de fabricación, obteniendo como resultado los siguientes beneficios: supresión de áreas ocupadas innecesariamente, reducción de las manutenciones y del material en proceso, disminución de los retrasos y del tiempo de fabricación e incremento de la producción, aumento de la seguridad de los trabajadores. Es por ello que todo ha sido planificado y detalladamente calculado.

La mala calidad de las materias primas, insumos o producto terminado, da origen a costos tanto tangibles como intangibles, que aumentan en importancia cuanto más tarde se detectan los fallos en el sistema productivo. Es por ello que se



implementan técnicas y actividades, tendientes a controlar las variables de proceso en las diferentes etapas de producción, y principalmente, en el producto final para corroborar que se cumpla con las especificaciones técnicas, y de la materia prima para su fabricación. Para validar nuestra calidad se implementan auditorías por parte de los estándares de calidad de ISO 9001 e ISO 22000.

Por último, se evalúan los indicadores utilizados para determinar la factibilidad económica financiera del proyecto (rendimiento, PRI, VAN y TIR). Los mismos arrojaron resultados favorables, lo que indica que el proyecto es rentable bajo las condiciones planteadas para su cálculo.

En el análisis de sensibilidad muestra que la variación de los volúmenes de ventas de glucosamina producen una variación significativa de la TIR y VAN. Además, se observa una influencia menor, pero no por ello menos importante, de la variación del precio de venta en la rentabilidad del proyecto. Por ende, se concluye que es una alternativa viable, en nuestro país, emprender este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 2

Benevita. (5 de 2010). Recuperado el 30 de 7 de 2015, de <https://benevita.wordpress.com/2010/05/04/la-glucosamina-la-amiga-de-las-articulaciones/>

CAS . (s.f.). Recuperado el 13 de 8 de 2015, de <http://www.chemnet.com>

Glucosamina y condroitina. (2008). *Glucosamina y condroitina*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2015, de La glucosamina y el sulfato de condroitina: <http://www.glucosamina-condroitina.com/>

Mier, T., Conchita Toriello, & Miguel Ulloa. (2002). *Hongos microscópicos saprobios y parásitos: Métodos de laboratorio*. México: Casa abierta al tiempo.

Natural Fundation. (2006). *Glucosamina. Terapia ortomolecular*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de Natural Fundation: <http://www.naturafoundation.es/>

White, M. (2013). *eHow* . Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Clasificación del *Aspergillus niger*: http://www.ehowenespanol.com/clasificacion-del-aspergillus-niger-sobre_47007/

Wood, L. (2014). *eHow*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Usos del *Aspergillus Niger*: http://www.ehowenespanol.com/usos-del-aspergillus-niger-lista_76267/

Capítulo 3

BDO Argentina. (Julio de 2013). *BDO Argentina*. Recuperado el 25 de Julio de 2015, de <http://www.bdoargentina.com/>

Benevita. (5 de 2010). Recuperado el 30 de 7 de 2015, de <https://benevita.wordpress.com/2010/05/04/la-glucosamina-la-amiga-de-las-articulaciones/>

CAS . (s.f.). Recuperado el 13 de 8 de 2015, de <http://www.chemnet.com>

Codeco Nutrilife. (s.f.). Recuperado el 14 de 10 de 2015, de <http://www.codeconutrilife.com/ingredientes-glucosamina>

E. Mongil, I. S. (2006). Farmacos de acción lenta (Sysadoa) en el tratamiento de la osteoartritis. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*.

- Filadoro, A., & Dicoyskiy, J. P. (2015). *Complejo Farmacéutico*. Buenos Aires.
- Grand View Research, I. (2014). *Glucosamine Market Analysis By Application (Nutritional Supplements, Food & Beverages, Dairy Products) And Segment Forecasts To 2020*. San Francisco, USA.
- INFO NEWS. (19 de Mayo de 2014). *INFO NEWS*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de <http://www.infonews.com/nota/144771/segun-la-oms-la-esperanza-de-vida-en-argentina>
- iquimicas. (13 de Febrero de 2013). *iquimicas*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de Proceso de producción industrial de ácido cítrico: <http://iquimicas.com>
- La Gaceta. (20 de Septiembre de 2012). *La Gaceta*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Aumentó en 27 años la esperanza de vida en Argentina: <http://www.lagaceta.com.ar/nota/511652/sociedad/aumento-27-anos-esperanza-vida-argentina.html>
- Mangini, R., & Zárate, L. (2011). *Tesis de grado: "Fermentación de la melaza para la obtención de ácidos orgánicos"*.
- Mier, T., Conchita Toriello, & Miguel Ulloa. (2002). *Hongos microscópicos saprobios y parásitos: Métodos de laboratorio*. México: Casa abierta al tiempo.
- Natural Fundation. (2006). *Glucosamina. Terapia ortomolecular*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de Natural Fundation: <http://www.naturafoundation.es/>
- Ray, C. D., John A. Bohlmann, Don Grunig, James R. Trinkle, & Michael Brandon Bassett. (2008). *Patente n° 7364880*. US.
- Web MD. (s.f.). *Web MD*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de Vitamins and Supplements Lifestyle Guide: <http://www.webmd.com/vitamins-and-supplements/lifestyle-guide-11/supplement-guide-glucosamine>

Capítulo 4

- BDO Argentina. (Julio de 2013). *BDO Argentina*. Recuperado el 25 de Julio de 2015, de <http://www.bdoargentina.com/>
- Benevita*. (5 de 2010). Recuperado el 30 de 7 de 2015, de <https://benevita.wordpress.com/2010/05/04/la-glucosamina-la-amiga-de-las-articulaciones/>
- Belluccini, M., & Fernández, V. (2010). *Producción de ácido cítrico*.
- CAS . (s.f.). Recuperado el 13 de 8 de 2015, de <http://www.chemnet.com>

Codeco Nutrilife. (s.f.). Recuperado el 14 de 10 de 2015, de <http://www.codeconutrilife.com/ingredientes-glucosamina>

Comisión Directiva ATACI. (01 de Diciembre de 2015). *espotrade*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de SUSTANCIAS LÍQUIDAS, PELIGROSAS Y NO PELIGROSAS EN CISTERNAS A GRANEL.: http://www.expotrade.com.ar/drupal-ataci/sites/all/themes/sensation/images/ATACI_COSTOS_INDICES_Y_TARIFAS_06_JULIO_2015-SUSTANCIAS_LIQUIDAS_PELIGROSAS_Y_NO_PELIGROSAS_EN_CISTERNAS_A_GRANEL_b.pdf

E. Mongil, I. S. (2006). Farmacos de acción lenta (Sysadoa) en el tratamiento de la osteoartritis. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*.

Filadoro, A., & Dicovski, J. P. (2015). *Complejo Farmacéutico*. Buenos Aires.

Grand View Research, I. (2014). *Glucosamine Market Analysis By Application (Nutritional Supplements, Food & Beverages, Dairy Products) And Segment Forecasts To 2020*. San Francisco, USA.

INFO NEWS. (19 de Mayo de 2014). *INFO NEWS*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de <http://www.infonews.com/nota/144771/segun-la-oms-la-esperanza-de-vida-en-argentina>

iquimicas. (13 de Febrero de 2013). *iquimicas*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de Proceso de producción industrial de ácido cítrico: <http://iquimicas.com>

La Gaceta. (20 de Septiembre de 2012). *La Gaceta*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Aumentó en 27 años la esperanza de vida en Argentina: <http://www.lagaceta.com.ar/nota/511652/sociedad/aumento-27-anos-esperanza-vida-argentina.html>

Mangini, R., & Zárate, L. (2011). *Tesis de grado: "Fermentación de la melaza para la obtención de ácidos orgánicos"*.

Mier, T., Conchita Toriello, & Miguel Ulloa. (2002). *Hongos microscópicos saprobios y parásitos: Métodos de laboratorio*. México: Casa abierta al tiempo.

Natural Fundation. (2006). *Glucosamina. Terapia ortomolecular*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de Natural Fundation: <http://www.naturafoundation.es/>

Ray, C. D., John A. Bohlmann, Don Grunig, James R. Trinkle, & Michael Brandon Bassett. (2008). *Patente n° 7364880*. US.

Web MD. (s.f.). *Web MD*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de Vitamins and Supplements Lifestyle Guide: <http://www.webmd.com/vitamins-and-supplements/lifestyle-guide-11/supplement-guide-glucosamine>

Capítulo 5

Gandhi, N., & Laidler, J. K. (2002). *Patente n° US6486307 B1*. US.

Anderson , T., Zhou, S., Bergerud, B., Fosdick, L., Han, T.-J., Vasina, J., y otros. (2006). *Patente n° US20060178344A1* . EE UU.

Bai, J., Wang, D., & Wang, J. (2013). *Patente n° 8383808*. China.

Bai, J., Wang, D., & Wang, J. (2013). *Patente n° 8383808*. China.

Berry, Alan , Burlingame, Richard P. , & Millis, James R. (2000). *Patente n° WO/2000/004182*. US.

Cargill. (06 de Abril de 2004). *REGENASURE™ Glucosamine Hydrochloride*.

Fosdick, L. E., Bohlmann, J., Trinkle, J., & Ray, B. (2010). *Patente n° 7816514*. US.

Gandhi, N., & Laidler, J. (2002). *Patente n° 6486307*. Canada .

Henning, J., Hwang, K.-o., Steinke, J., Trinkle, J., Bohlmann, J., & Fan, W. (2002). *Patente n° WO/2002/066667* . US.

Perry, R. (2001). *Manual del ingeniero químico*. Mc Graw Hill.

Ray, Brenda L., Fosdick, Lawrence E, Bohlmann, John A, & Trinkle, James R. (2010). *Patente n° 20100222566*. US.

Ray, C., Bohlmann, J., Grunig, D., Trinkle, J., & Bassett, M. (2008). *Patente n° 7364880 B2*. US.

Ventilador, W., Bohlmann , J., Trinkle, J., Steinke, J., Hwang, K.-O., & Henning, J. (2006). *Patente n° US 7049433 B2*. US.

Xiaoling , S., Zhi , T., & Zhi, Y. (2013). *Patente n° CN 103450289*. China.

Yuanming , Y., Liqun, C., Wuzhou, L., Wang, J., Yonghong, J., & Xianzhong, W. (2009). *Patente n° Un CN101550169*. China.

Capítulo 6

Bai, J., Wang, D., & Wang, J. (2013). *Patente n° 8383808*. China.

Chemcad 6.1. (s.f.). *Software de simulación de procesos químicos*.

Fosdick, L. E., Bohlmann, J., Trinkle, J., & Ray, B. (2010). *Patente n° 7816514*. US.

Gandhi, N., & Laidler, J. (2002). *Patente n° 6486307*. Canada .

Mojarrad, J., Manhboob, N., & Bourbour, S. (2007). Preparation Glucosamine from Exoeskeleton of shrimp and Predicting Production Yield by Response Surface Methodology. *Rev. Journal of Agricultura and Food Chemistry*, 2246-2250.

Perry, R. (2001). *Manual del Ingeniero Químico*. Mc Graw Hill.

Salomón Marcillo, Z. M., & Vélez Alcívar, M. K. (2010-2011). “*PLANTA PROCESADORA DE DESECHOS DE CAMARÓN Y CANGREJO PARA LA OBTENCIÓN DE QUITINA Y EXTRACTO COLORANTE*”. GUAYAQUIL – ECUADOR.

Swenson, D., Ziemer, S., Blodgett, M., Jones, J., & Woolley, E. (2006). *Apparent molar volumes and apparent molar heat capacities of aqueous N-acetyl-D-glucosamine at temperatures from 278.15 K to 368.15 K and of aqueous N-methylacetamide at temperatures from 278.15 K to 393.15 K at the pressure 0.35 MPa*. USA.

Capítulo 7

Gandhi, N., & Laidler, J. K. (2002). *Patente n° US6486307 B1*. US.

Peters, M., & Timmerhaus, K. (1991). *Plant design and economics for chemical engineers*. New York: McGraw-Hill, Inc.

American Society of Mechanical Engineers. (s.f.). Recuperado el 2 de 10 de 2016, de ASME: www.asme.org

Bai, J., Wang, D., & Wang, J. (2013). *Patente n° 8383808*. China.

Geankopolis, C. J. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. México: CIESA.

Kern, D. (1999). *procesos de transferencia de calor*. México: CIESA.

Mataix, C. (1982). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Segunda edición*. Madrid: Ediciones del Castillo S.A.

McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (4ta edición). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. España: McGraw-Hill.

Ocon García, J., & Tojo Barreiro, G. (s.f.). *Problemas de Ingeniería Química. operaciones Básicas. Tomo I*. Aguilar.

Perry, R. (2001). *Manual del ingeniero químico*. Mc Graw Hill.

Reyes-Ocampo, I., González-Brambila, M., & López-Isunza, F. (2013). UN ANÁLISIS DEL METABOLISMO DE *Aspergillus niger* CRECIENDO SOBRE UN SUSTRATO. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 12, núm. 1, 41-56.

Tadayyon, A. (1991). *Controland Measurement in Continuous KCl Crystallizer*. Canadá.

Warring, R. H. (1977). *Selección de bombas, sistemas y aplicaciones*. Primera edición. Labor.

Xiaoling, S., Zhi, T., & Zhi, Y. (2013). *Patente n° CN 103450289*. China.

Capítulo 8

ANMAT. (2014). *Farmacopea Argentina*, Buenos Aires, Argentina.

(2013). *Pharmacopoeia, British*.

Capítulo 9

ANMAT. (18 de mayo de 2004). Disposición ANMAT N° 2819/2004. Buenos Aires, Argentina.

Belluccini, M. P., & Fernández, V. N. (2010). *Producción de ácido cítrico*. Villa María.

Capítulo 10

Belluccini, M. P., & Fernández, V. N. (2010). *Producción de ácido cítrico*. Villa María.

Capítulo 12

Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de proyectos*. México: Graw Hill.

ANEXO I
CINÉTICA DE REACCIÓN



Cálculo de cinética de reacción

Para determinar la cinética de la reacción empleamos la Figura 1 perteneciente a la patente US 0181419 (Ki-Oh Hwang, Steinke, Henning, & Bohlmann, 2003), de la cual obtuvimos los datos que se presentan en la Tabla 1.

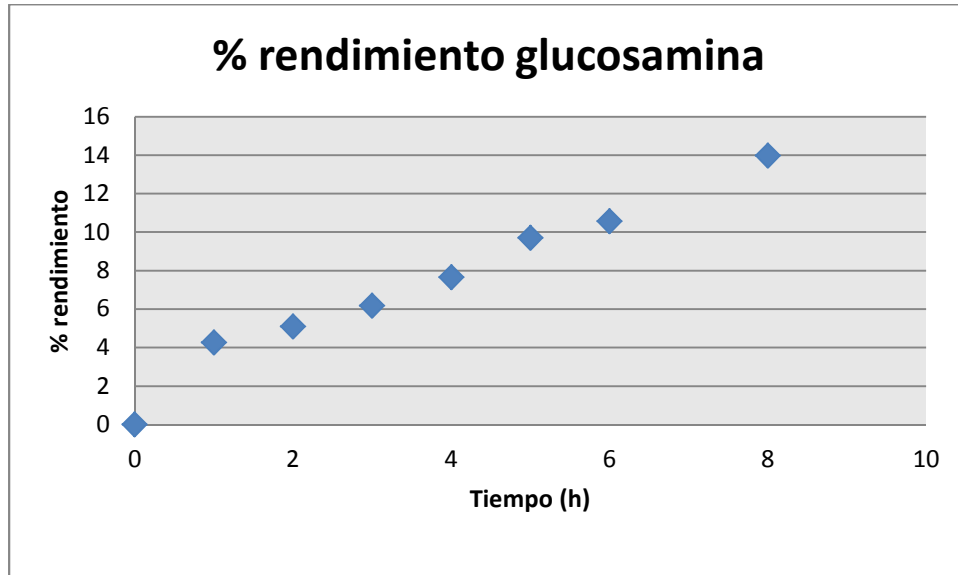


Figura 1. Porcentaje de rendimiento de glucosamina en la reacción.
Fuente: (Ki-Oh Hwang, Steinke, Henning, & Bohlmann, 2003)

Tabla 1. Tiempo de reacción en función al rendimiento de glucosamina obtenido

Tiempo de reacción	% rendimiento glucosamina
0	0,00
1	4,26
2	5,10
3	6,18
4	7,65
5	9,70
6	10,56
8	13,97

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la Figura 1.

Con los datos de la Tabla 1 se procedió a calcular la conversión de la quitina reaccionante, para así, poder determinar el orden de la reacción. En la Tabla 2 se muestran las conversiones y los valores obtenidos para una cinética de reacción



de primer orden. Con estos datos, se realiza la Figura 2 para corroborar que los valores se ajusten correctamente a esta cinética propuesta.

Tabla 2. Datos para corroborar la cinética.

Tiempo de reacción	% conversión quitina	Primer orden
0	0,00	0,000
1	4,26	0,044
2	5,10	0,052
3	6,18	0,064
4	7,65	0,080
5	9,70	0,102
6	10,56	0,112
8	13,97	0,150

Fuente: Elaboración propia.

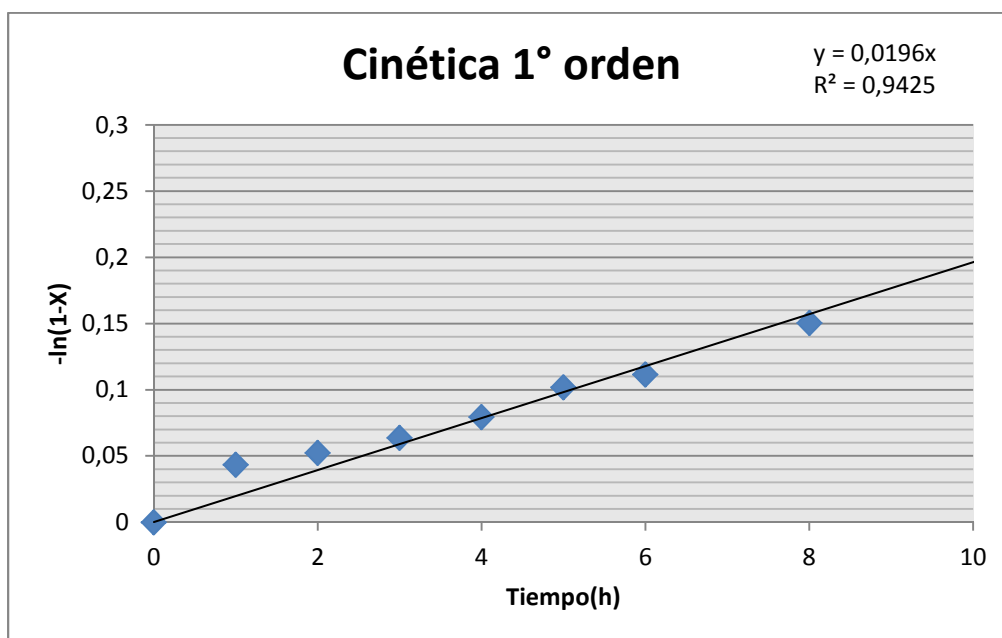


Figura 2. Cinética de reacción de primer orden.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Figura 2 que los valores calculados en la Tabla 2 se ajustan correctamente a la cinética de primer orden con un $R^2 = 0,942$, obteniéndose un coeficiente cinético de reacción $k = 0,019 \text{ s}^{-1}$.

La cinética calculada se obtuvo a partir de datos a escala laboratorio extraídos de la patente US 0181419 (Ki-Oh Hwang, Steinke, Henning, & Bohlmann, 2003).



Los cálculos de producción se realizan en base a los datos obtenidos a escala industrial extraídos de la Patente 8383808. Debido a que la reacción en diferentes condiciones varía su rendimiento. Por esta razón, conociendo que la cinética es de primer orden, se calcula el nuevo coeficiente cinético de la reacción (k), debido a que el mismo cambia con la variación de presión y temperatura.

Se utiliza para el cálculo del nuevo coeficiente cinético los datos del ejemplo 2 de la Patente 8383808 (Bai, Wang, & Wang, 2013), que presenta las condiciones de reacción que logran el mayor rendimiento de glucosamina, las cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones óptima de reacción.

Condiciones de reacción	
Temperatura de reacción	105 °C
Presión de reacción	3 atm
Tiempo de reacción	5 h
Concentración de HCl	35%

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del ejemplo 2 de la Patente 8383808 (Bai, Wang, & Wang, 2013).

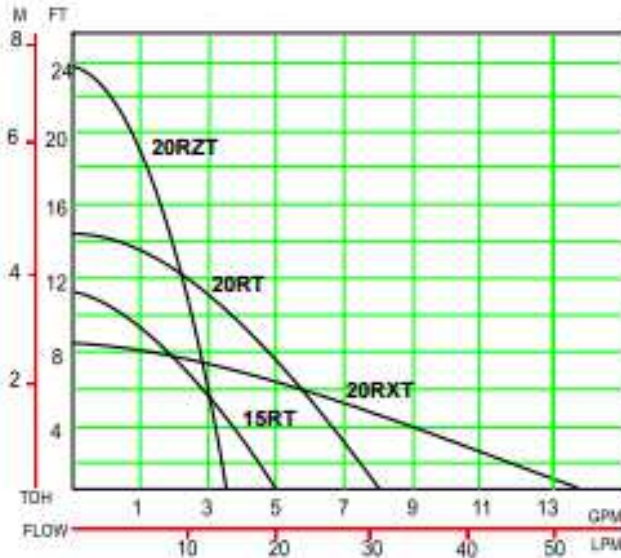
Con estas condiciones se alcanza en 5 h un rendimiento de quitina del 37%. En base a estos datos y teniendo en cuenta que la reacción es de primer orden se obtiene el coeficiente cinético de reacción $k = 0,092 \text{ s}^{-1}$.

ANEXO II

FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

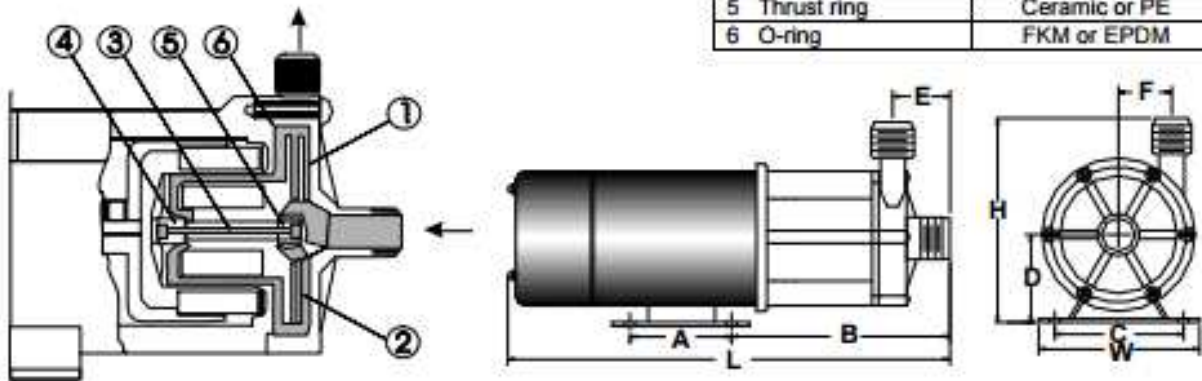


Ficha técnica de bombas marca IWAKI modelos MD-15/20



- Twin bearing system handles thrust loads, extends service life
- Hollow rotating / Internal cooling circuit reduces bearing temperature
- Compact / Quiet energy efficient design
- Few moving parts for easy maintenance
- Other sizes, voltages & materials available

Part	Material
1 Casing	GFRPP
2 Impeller	GFRPP or CFRPP
3 Spindle	Ceramic
4 Bearing	PTFE
5 Thrust ring	Ceramic or PE
6 O-ring	FKM or EPDM



Dimensions (inches) and Specifications

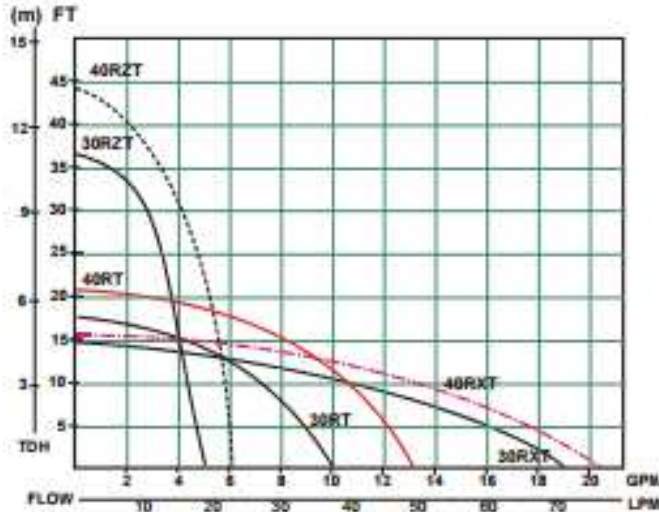
Model	W	H	L	A	B	C	D	E	F
MD-15R(T)	3.74	4.49	7.05	--	4.59	3.35	2.17	1.52	0.85
MD-20R(T)	4.17	4.19	8.00	1.73	3.78	3.54	1.77	1.30	1.12
MD-20RX(T)	4.17	4.80	8.66	1.73	4.45	3.54	1.77	1.83	15+
MD-20RZ(T)	4.17	4.92	8.31	1.73	4.17	3.54	2.17	1.58	1.52

+ Degrees offset from vertical

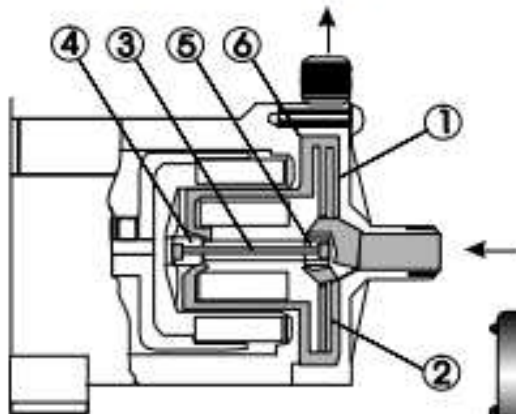
Model	CONNECTIONS		MOTOR		AMPS 115V	MAX FLOW GPM	MAX HEAD FT	MAX SYS PRESSURE PSI	S.G.	WEIGHT LBS
	HOSE	NPTM	OUTPUT (HP)	SPEED (RPM)						
MD-15R(T)	½	½	1/75	3100	.29	5.0	11.1	7.2	1.3	3.5
MD-20R(T)	5/8	¾	1/38	3100	.48	8.2	14.1	10.0	1.1	4.4
MD-20RX(T)	1	1	1/38	3100	.50	13.7	8.2	5.7	1.3	4.4
MD-20RZ(T)	5/8	¾	1/38	3100	.53	2.9	22.6	14.2	1.1	4.4



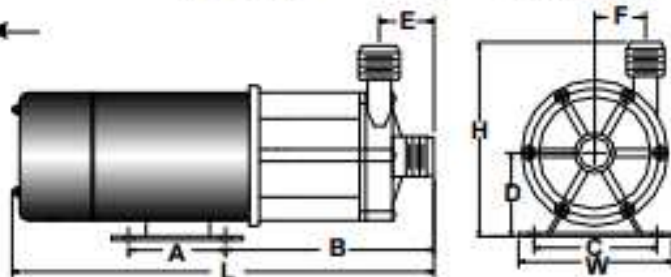
Hoja técnica de bombas marca IWAKI modelos MD-30/40



- Twin bearing system handles thrust loads, extends service life
- Hollow rotating / Internal cooling circuit reduces bearing temperature
- Compact / Quiet energy efficient design
- Few moving parts for easy maintenance
- Other sizes, voltages & materials available



Part	Material
1 Casing	GFRPP
2 Impeller	GFRPP
3 Spindle	Ceramic
4 Bearing	PTFE
5 Thrust ring	Ceramic or PE
6 O-ring	FKM or EPDM



Dimensions (inches) and Specifications

Model	W	H	L	A	B	C	D	E	F
MD-30R(T)	4.72	5.12	9.78	1.57	5.87	3.94	2.38	1.89	1.22
MD-30RX(T)	4.72	5.51	10.00	1.57	6.10	3.94	2.38	1.97	40+
MD-30RZ(T)	4.72	5.12	9.05	1.57	5.16	3.94	2.38	1.56	1.53
MD-40R(T)	4.72	5.12	9.85	1.57	5.87	3.94	2.38	1.89	1.22
MD-40RX(T)	4.72	5.51	10.08	1.57	6.10	3.94	2.38	1.97	43+

+ Degrees offset from vertical

Model	CONNECTIONS		MOTOR		AMPS 115V	MAX FLOW GPM	MAX HEAD FT	MAX SYS PRESSURE PSI	S.G.	WEIGHT LBS
	HOSE	NPTM	OUTPUT (HP)	SPEED (RPM)						
MD-30R(T)	3/4	3/4	1/16	3150	1.0	10.0	17.7	11.6	1.3	7.7
MD-30RX(T)	1	1	1/16	3150	1.1	19.0	13.5	8.54	1.1	8.82
MD-30RZ(T)	5/8	3/4	1/16	3100	1.1	4.50	36.1	24.18	1.0	7.70
MD-40R(T)	3/4	3/4	1/12	3200	1.3	13.7	21.3	14.22	1.1	8.60
MD-40RX(T)	1	1	1/12	3200	1.2	22.4	15.4	9.95	1.1	8.60



Ficha técnica de bombas marca Saci modelos K



■ Aplicaciones:

Bombas centrifugas adecuadas para pequeños trasiegos de líquidos, llenado de depósitos y otros usos generales. Las de 2 turbinas son las más adecuadas para su utilización para equipos de presión.

■ Características constructivas:

Cuerpo bomba y soporte en fundición con tratamiento anti-corrosivo, incluso en superficie interna. Turbina en Tecnopolímero, eje en acero inoxidable.

■ Motor:

Asíncrono hermético de ventilación externa, protección termo-amperimétrica incorporada y condensador en versión monofásica. Protección de seguridad en versión trifásica.

TEMPERATURA DEL AGUA A BOMBLEAR:

K-5/8/10/15/17/20/30/31/41 de -10° a + 50° C.
K-25/40/55/56/75/100/125/150 de -15° a + 110° C

MÁXIMA TEMPERATURA AMBIENTE: +40° C

MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO:

K-5/8/10/15/20 6 kg./cm²
K-17/25/31/41/56 8 kg./cm²
K-30/40 10 kg./cm²
K-55/75/100/125/150 12 kg./cm²

TIPOS:

K-5/8/31/41/56 Monoturbina
K-15/20 2 Turbinas iguales
K-10/17/25/30/40/55/75/100/125/150 2 Turbinas contrapuestas

■ Applications:

Centrifugal pumps suitable for small transfer work with liquids, filling tanks and other general uses. The double impeller versions are the most suitable to be used as a pressuring system.

■ Construction:

Pump body and support in cast iron with rust-proof treatment, including the internal surface. Technopolymer impeller, with a stainless steel shaft.

■ Motor:

Sealed asynchronous motor with external ventilation, built-in thermal and amperimetric protection and capacitor in the single phase version. Safety protection in the triple phase version.

TEMPERATURE OF THE WATER TO BE PUMPED:

K-5/8/10/15/17/20/30/31/41 from +10° to + 50° C.
K-25/40/55/56/75/100/125/150 from +15° to + 110° C.

MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE: +40° C

MAXIMUM WORKING PRESSURE:

K-5/8/10/15/20 6 Kg./cm²
K-17/25/31/41/56 8 Kg./cm²
K-30/40 10 Kg./cm²
K-55/75/100/125/150 12 Kg./cm²

TYPES:

K-5/8/31/41/56 Single impeller
K-15/20 2 equal impellers
K-10/17/25/30/40/55/75/100/125/150 2 counter-posed impellers



Tipo Type	Potencia		"A"			Cond. µF	Caudal m³/h / Flow m³/h										Diámetro	
	HP	KW	II	III	III		1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	ASP.	IMP.	
			230	230	400		Altura m.c.a. / Height w.c.m.											
K 5-M	0,5	0,37	3	-	-	10	22	19	17	14	7					1"	1"	
K 5-T			-	2,3	1,3	-												
K 8-M	1	0,75	6	-	-	20	30	27,5	23	19	16					1"	1"	
K 8-T			-	4,3	2,5	-												
K 10-M	1	0,75	5,5	-	-	20	42	41	36	27	14					1"	1"	
K 10-T			-	3,8	2,2	-												
K 15-M	1,5	1,1	7,1	-	-	25	39	38	36	34	32	28	24	18	14	1½"	1"	
K 15-T			-	5,4	3,1	-												
K 17-M	1,5	1,1	8,3	-	-	31,5	52	47	42	34	24					1½"	1"	
K 17-T			-	6	3,5	-												

Tipo Type	Potencia		"A"			Cond. µF	Caudal m³/h / Flow m³/h										Diámetro			
	HP	KW	II	III	III		1,2	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	18	24	27	ASP.	IMP.	
			230	230	400		Altura m.c.a. / Height w.c.m.													
K 20-M	2,5	1,83	9	-	-	40	49	48	45	42	37	30	23					1½"	1"	
K 20-T			-	6,2	3,6	-														
K 25-M	2,5	1,83	12,8	-	-	40	60	55	47	35								1½"	1"	
K 25-T			-	8,4	4,8	-														
K 30-T	3	2,2	-	11,6	6,7	-	63	60	57	52	45	39					1½"	1"		
K 31-T	3	2,2	-	9	5,2	-	37	36	36	35	34	33	32	31	25		2"	1½"		
K 40-T	4	3	-	14,6	8,4	-	72	68	65	61	57	52					1½"	1"		
K 41-T	4	3	-	11,1	6,4	-	41	41	41	40	39	38	37	35	28		2"	1½"		
K 55-T	5,5	4	-	16,5	9,5	-	82	80	78	73	69	61	51				1½"	1"		
K 56-T	5,5	4	-	16,3	9,4	-		55	55	54	53	52	52	51	43		2"	1½"		
K 75-T*	7,5	5,5	-	-	12,9	-				73	72	71	70	69	58	43	2"	1½"		
K 100-T*	10	7,5	-	-	15	-				93	93	91	90	89	79	59	2"	1½"		
K 125-T*	12,5	9,2	-	-	18	-						84	83	82	74	65	2"	1½"		
K 150-T*	15	11	-	-	21	-							95	95	95	88	77	70	2"	1½"

* Voltaje habitual 400/690. (Bajo demanda 230/400).
 * Standard voltage 400/690. (Under demand 230/400).



Ficha técnica de bombas marca Sabino Barbera modelos BM

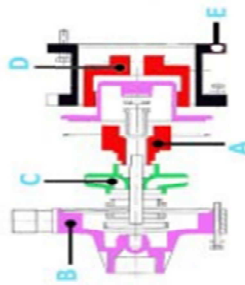


Pulsar sobre la imagen para mayores detalles técnicos
 Características generales

- Materiales constructivos: PP, PVDF, AISI 316
- Design: monobloque
- Conexión rosca: según las normas ISO 603.
- Bridas: según las normas DIN 2501.
- Motores de distintos tipos. Motores antiéfrags a pedido.
- Viscosidad máxima: 200 cSt

Pie de figura

- A. Imán interno.
- B. Cuerpo bomba anterior.
- C. Rodele.
- D. Imán externo.
- E. Armazón motor.



Datos técnicos bombas arrastre magnético de plástico BM

	BM04	BM06	BM10	BM15	BM31
BM de plástico	3,0	6,0	12,0	21,0	30,0
Q max m ³ /h	7	9	12	19	28
H max m w.c.	0,12	0,25	0,55	1,1	2,2
kW	PP-PVDF	PP-PVDF	PP-PVDF	PP-PVDF	PP-PVDF
Material					

Datos técnicos bombas arrastre magnético de acero AISI 316

	BM06	BM10	BM15	BM31
BM en S S316	6,0	12,0	21,0	30,0
Q max m ³ /h	9	12	19	28
H max m w.c.	0,25	0,55	1,1	2,2
kW	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316
Material				
Versión ATEX				



Ficha técnica de bombas modelo EBARA modelo 3D



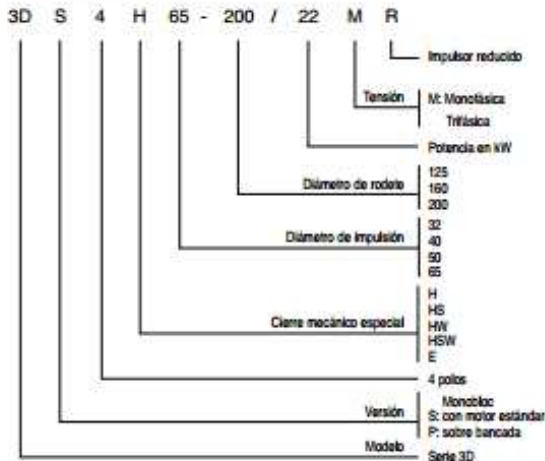
PRESTACIONES

- Construcción robusta y resistente.
- Impulsor en acero inoxidable.
- Alta eficiencia.

DATOS TÉCNICOS BOMBA

- Presión máx. de trabajo: 10 bar.
- Temperaturas máx. del líquido vehiculado:
 - 5°C / +90°C
 - 5°C / +110°C (Versiones H-HS-HW-HSW)
 - 5°C / +120°C (Versión E)
- MEI > 0,4 para modelos a 2 polos
- MEI > 0,1 para modelos a 4 polos

DENOMINACIÓN



DATOS TÉCNICOS MOTOR

- Motor trifásico con potencias nominales inferiores a 7,5 kW eficiencia IE2.
- Motor trifásico con potencias nominales a partir de 7,5 kW eficiencia IE3.
- Motor asíncrono autorefrigerado, 2 y 4 polos.
- Aislamiento Clase F (B para altas temperaturas).
- Protección IP55
- Monofásica: 230V ± 10% 50 Hz
- Trifásica:
 - 230/400V ± 10% 50 Hz hasta 4 kW inclusive
 - 400/690V ± 10% 50 Hz para potencias superiores.
- Protección del motor a cargo del cliente.

MATERIALES

- Cuerpo de bomba: Hierro fundido
- Impulsor:
 - AISI 304: para series 32, 40 y 50
 - AISI 316 microfundido: para serie 65
- Eje: AISI 304 (sólo parte en contacto con el líquido).
- Cierre mecánico:
 - Cerámica / Carbono / NBR (Estándar)
 - Cerámica / Carbono / FPM (versión H)
 - SiC / SiC / FPM (versión HS)
 - Carburo de tungsteno / Carburo de tungsteno / FPM (versión HW)
 - SiC / Carburo de tungsteno / FPM (versión HSW)
 - Cerámica / Carbono / EPDM (versión E)

VERSIONES*

Disponibles en 3 versiones diferentes con motores de 2 y 4 polos.

- 3D Monobloc con eje motor prolongado
- 3DS Monobloc con motor estándar y eje acoplado.
- 3DP Sobre bancada con motor estándar y espaciador.

*Disponibles también versiones con voltajes especiales y cierres mecánicos especiales.



CAMPO DE TRABAJO - 1.450 r.p.m. (según ISO 9906 / 2)

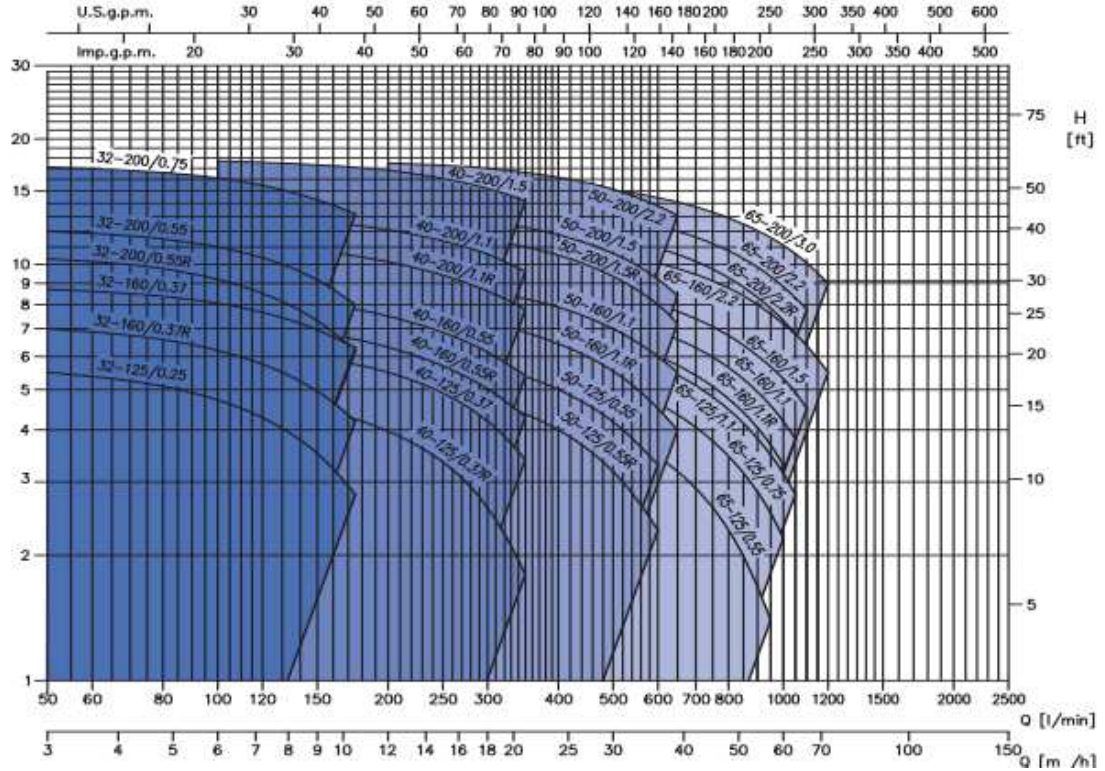


TABLA DE CARACTERÍSTICAS a 1.450 r.p.m. - Modelos Series 3D

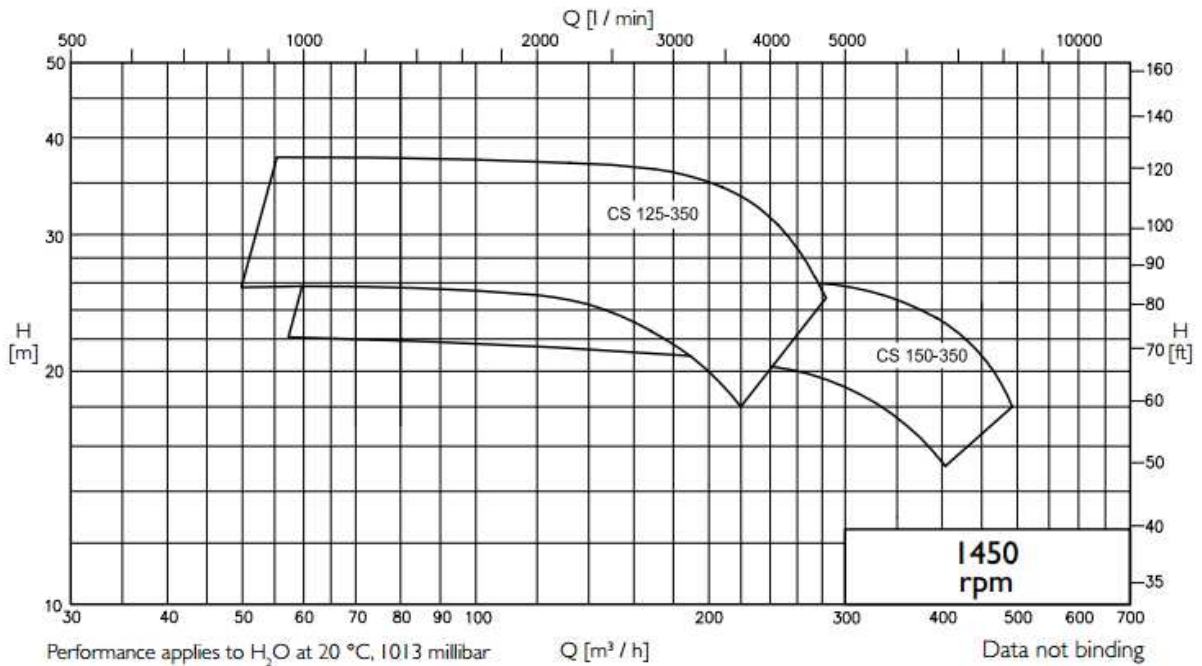
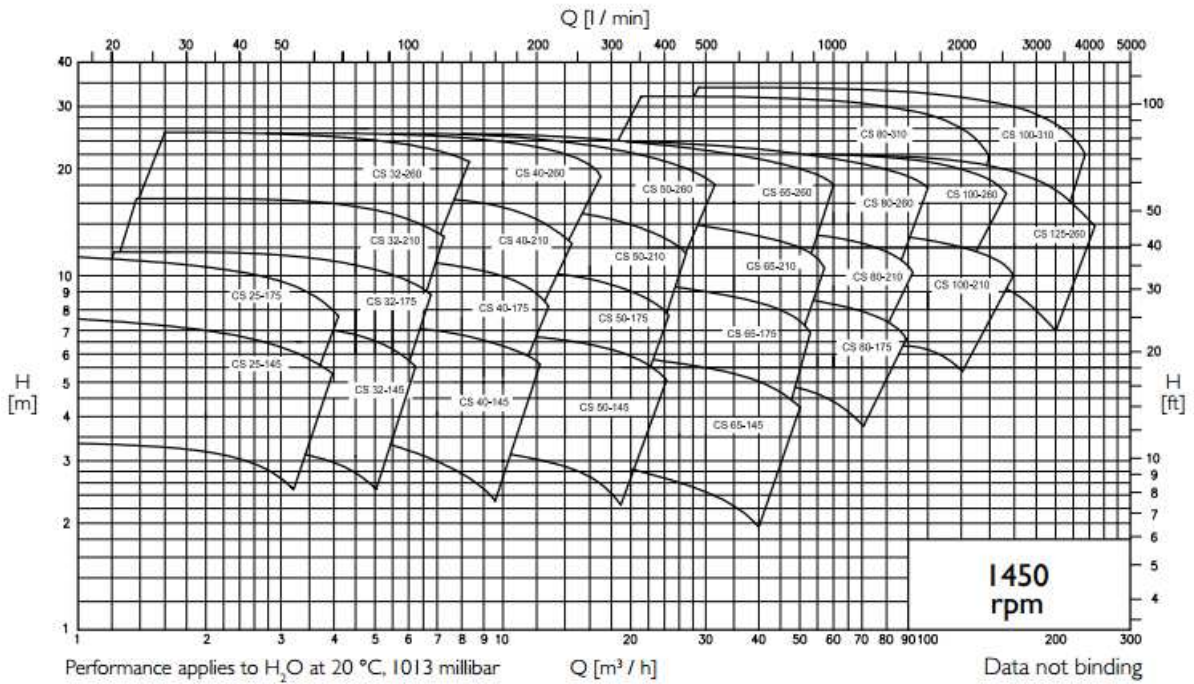
3D(.)4 Series 32

Bomba	kW	CV	Vmin m³/h	Q=Caudal								
				50	100	150	175	200	250	300	350	400
				3	6	9	10,5	12	15	18	21	24
				H=Altura manométrica total (m)								
3D(.)4 32-125/0.25	0,25	0,33		5,5	4,7	3,5	2,8	-	-	-	-	-
3D(.)4 32-160/0.37R	0,37	0,5		7	6,2	5	4,2	-	-	-	-	-
3D(.)4 32-160/0.37	0,37	0,5		8,7	8,1	7	6,3	-	-	-	-	-
3D(.)4 32-200/0.55R	0,55	0,75		10,3	9,2	7,3	6,2	-	-	-	-	-
3D(.)4 32-200/0.55	0,55	0,75		12	11	9,2	8	-	-	-	-	-
3D(.)4 32-200/0.75	0,75	1		17,1	16,1	14,3	13,2	-	-	-	-	-



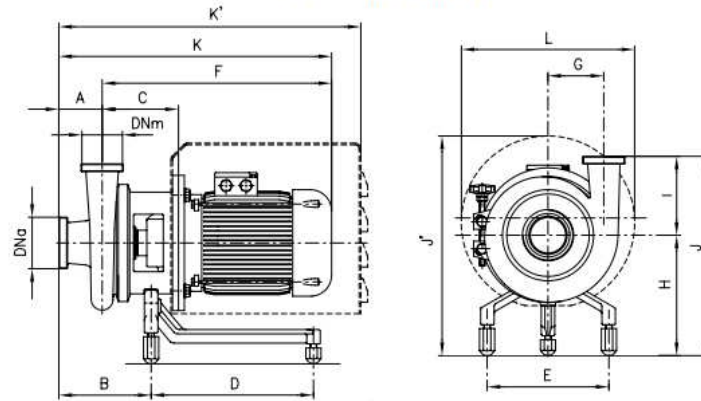
Ficha técnica de bombas modelo CSF modelo SC

GENERAL DIAGRAMS





OVERALL DIMENSIONS



Dimensions not binding - DN = DIN 11851 male threaded connections with standard IEC/EN motors

Pumps	IEC motors size:	DNa	DNm	A	B	C	D	E	F	G	H	K	K'	I	J	J'	L		
CS 25-145	71	32	25	75	144	117	190	178	335	81	158	410	532	145	303	300	239		
	80					434						541	340					298	
	90					478						306							239
CS 25-175	71	32	25	65	134	117	190	178	335	96	164		400	522	149	313	346	298	
	80					424						531	359	353					330
	90					468						210							
	100					531							291	239					
112	531	331	298																
CS 32-110	71			40	32	70	137	117	190	178	335	65	149	405	527	110	259	331	298
	80	429	536					372						298					
	90	473	208												566				
CS 32-145	80	40		32	80	167	138	231	225	374	85	208	454	566		145	370	430	330
	90		418				498						353		298				
	100		455				535												
	112		467				547						370		430				

ANEXO III
REGISTROS



Registros control de insumos críticos

FO-IC/01_Control del hidróxido de sodio			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Densidad	T-09	1,17+/-0,05 g/cm ³	
Concentración	T-11	27 +/- 1% p/V	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	

FO-IC/02_Hipoclorito de sodio			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Densidad	T-09	1,11 +/- 0,3 g/cm ³	
Concentración	T-12	40 +/-1 g/l	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	



FO-IC/03_ Ácido nítrico			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Densidad	T-09	1,35 +/-0,2 g/cm ³	
Concentración	T-13	60 +/-1 %p/p	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	

Registro control de insumos directos

FO-ID/01_ Agua desionizada			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Conductividad	T-24	≤1,3μS/cm	
PH	T-10	5-7	
Endotoxinas bacterianas	T-08	0,25+/-0,2 UE/ml	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	



FO-ID/02_ Alcohol Etílico			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Densidad	T-09	789 +/-5kg/m ³	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	

FO-ID/03_ Carbón activado			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Poder de absorción	T-16	≥40g/100g	
Densidad	T-09	0,26 a 0,65 g/cm ³	
Tamaño de partícula	T-17	100 +/-5μ	
pH	T-10	Neutro	
Contenido de cenizas totales	T-20	3-15 (% de materia seca)	
Recuento total de aerobios	T-04	≤1000 UFC	
Recuento total de hongos y levaduras	T-07	≤100 UFC	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	



Registro de control materia prima

FO-MP/01_ HCL 35%			
Proveedor:			
Lote:		Fecha de vencimiento:	
Parámetro a analizar			
Técnica empleada		Límite de aceptación	Resultado del análisis
Apariencia	T-14	Transparente. Incoloro	
Concentración	T-15	35 +/-1	
Densidad	T-09	1184 +/- 0.80 g/ml a 20°C	
pH	T-10	1.1 +/- 0.1 (solución acuosa 0.1N a 20°C)	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	

FO-MP/02_Biomasa			
Proveedor:			
Parámetro a analizar			
Técnica empleada		Límite de aceptación	Resultado del análisis
pH	T-10	1,8-1,9	
Temperatura	Termómetro	5°C-10°C	
Staphylococcus Aureus	T-01	<100 UFC	
Pseudomonas Aeruginosa	T-02	<100 UFC	
Bacillus Subtilis	T-05	<100 UFC	
Candida Albicans	T-03	<100 UFC	
Aspergillus Brasiliensis	T-07	<100 UFC	
Escherichia Coli	T-06	Ausencia	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	



Registro del producto terminado

FO-PT_ Clorhidrato de Glucosamina			
Proveedor:			
Parámetro a analizar	Técnica empleada	Límite de aceptación	Resultado del análisis
Aspecto	Visual	Cristales blancos	
Color	Visual	Blanco cristalino	
Granulometría	T-17	117 +/- 20 micrones	
Densidad	T-10	0,72 +/- 10 Kg/m ³	
pH(50g/l) a 20°C	T-10	3-5	
Concentración	T-18	96,71 +/- 2 %	
Pérdida por secado	T-19	≤1% de su peso	
Residuo de incineración	T-20	≤1%	
Sulfatos	T-21	≤0,24%	
Arsénico	T-22	2,5+/-5μ/g	
Metales pesados	T-23	< 0,001%	
Staphylococcus Aureus	T-01	<100 UFC	
Pseudomonas Aeruginosa	T-02	<100 UFC	
Bacillus Subtilis	T-05	<100 UFC	
Candida Albicans	T-03	<100 UFC	
Aspergillus Brasiliensis	T-07	<100 UFC	
Escherichia Coli	T-06	Ausencia	
Observaciones:			
Fecha de análisis:		Responsable:	
		Firma	



Registros de controles al proceso productivo

FO-RO1_Reactor							
Fecha:							
Lote N°							
Hora de inicio de llenado:		Hora de fin de llenado:					
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición en el transcurso de las horas				
			1	2	3	4	5
Temperatura	Automático	105+/-1°C					
Presión	Automático	3+/-0,1 atm					
Velocidad de agitación	Automático	9,17+/-0,5 rps					
Formación de espuma	Visual	Ausencia					
Observaciones:							
Hora de finalización:							
Fecha de análisis:			Responsable:				
			Firma				

FO-T04_Tanque de almacenamiento auxiliar			
Fecha:			
Lote N°			
Carga proveniente del equipo:			
Hora de llenado:			
Temperatura de ingreso al tanque:			
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición
Temperatura antes de la descarga	Automático	7+/-1 °C	
Hora de descarga:			
Observaciones:			
Fecha de		Responsable:	



análisis:		Firma	
------------------	--	--------------	--

FO-E04_ Evaporador				
Fecha:				
Lote N°				
Hora :				
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición	
			Inicio	Final
Caída de presión en la coraza	Automático	0,22 +/-0,02 atm		
Hora de descarga:				
Observaciones:				
Fecha de análisis:		Responsable:		
		Firma		

FO-C01_ Cristalizador				
Fecha:				
Lote N°				
Hora :				
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición	
			Inicio	Final
Velocidad de agitación	Automático	5+/-0,5 rps		
Hora de descarga:				
Observaciones:				
Fecha de análisis:		Responsable:		
		Firma		



FO-MO1_Purificador primario				
Fecha:				
Lote N°				
Hora :				
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición	
			Inicio	Final
Temperatura	Automático	95 +/- 1 °C		
Velocidad de agitación	Automático	15+/-0,5 rps		
Hora de descarga:				
Observaciones:				
Fecha de análisis:		Responsable:		
		Firma		

FO-MO2_Purificador secundario				
Fecha:				
Lote N°				
Hora :				
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición	
			Inicio	Final
Velocidad de agitación	Automático	6,67 +/- 0,5 rps		
Hora de descarga:				
Observaciones:				
Fecha de análisis:		Responsable:		
		Firma		



FO-MO2_Purificador secundario				
Fecha:				
Lote N°				
Hora :				
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición	
			Inicio	Final
Velocidad de agitación	Automático	6,67 +/- 0,5 rps		
Hora de descarga:				
Observaciones:				
Fecha de análisis:		Responsable:		
		Firma		

FO-D01_Secador				
Fecha:				
Lote N°				
Hora :				
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Medición	
			Inicio	Final
Temperatura	Automático	61 +/- 2 °C		
Hora de descarga:				
Observaciones:				
Fecha de análisis:		Responsable:		
		Firma		



FO-En01_Envasado					
Fecha:					
Lote N°					
Hora :					
Parámetro	Técnica	Límite de aceptación	Mediciones		
			1°	2°	3°
Control de peso	Balanzas calibradas	1 +/-0,03 kg			
Control de sellado vertical y horizontal	Manualmente	hermeticidad			
Control del fechado	Visual	Correcta impresión			
Hora de descarga:					
Observaciones:					
Fecha de análisis:		Responsable:			
		Firma			



Registros a completar ante la presencia de un desvío

- **Producto no conforme (PNC)**

FO-PNC_ Producto No Conforme			
NÚMERO:		PROCESO:	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO NO CONFORME			
SUGERENCIAS DE RESOLUCION			
CALIDAD:			
PRODUCCION:			
COMERCIALIZACION:			
Detectada por:	Área:	Fecha:	Firma:
RESOLUCIÓN DEL PRODUCTO NO CONFORME			
DESECHO		LIBERACION	REPROCESO
Detalle:			
Responsable:	Área:	Fecha:	Firma:



- **Acción correctiva (AC)**

FO-AC_ Acción Correctiva			
NÚMERO:		PROCESO: EXPEDICION Y LOGISTICA	
1. Detalles de la No conformidad:			
Descripción:			
Detectada por:	Firma	Área Responsable:	Fecha:
2. Plan de Acción propuesto			
Análisis de las Causas que originaron la No Conformidad:			
Corrección con fechas de culminación:			
Acción Correctiva para evitar recurrencia con fechas de culminación:			
Poner en marcha por:	Firma	Área Responsable:	Fecha Objetivo:
3. Detalles de la verificación de la implementación:			
4. Cierre de la Acción:			
Aprobación de Cierre	Firma	Gerencia:	Fecha:

ANEXO IV

TÉCNICAS



Técnica T-01. Staphylococcus aureus

Materiales

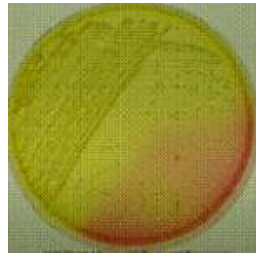
- Pipetas de 10 ml
- Propipetas
- Placas estériles
- Tiras indicadoras de pH
- Pipetas Pasteur
- Buffer fosfato pH 7,2
- Caldo Soya Caseína
- Agar Manitol Sal
- Agar Soya Caseína
- Plasma EDTA (para coagulasa)
- Caldo Cerebro Corazón
- Baño de María a $37^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$
- Asa y filamento
- Mechero
- Equipo para coloración de Gram
- Estufa o incubadora a $32,5 \pm 2,5^{\circ} \text{C}$

Procedimiento

1. Transferir 10 g o 10 ml de la muestra y añadirlos a un frasco de dilución que contiene 90 mL de buffer fosfato pH 7,2 y agitar.
2. Determinar el pH de la dilución anterior con el uso de una pipeta Pasteur y de tiras indicadoras de pH. El mismo debe estar entre 6 y 8.
3. Transferir con una pipeta estéril, 10 ml de la mezcla anterior a un balón o fiola que contiene 90 mL de Caldo Soya Caseína (CSC) y agitar.
4. Incubar a $32,5 \pm 2,5^{\circ} \text{C}$ por 18 a 24 horas

Aislamiento de Staphylococcus aureus

5. Agitar la mezcla incubada (CSC) y mediante un asa hacer aislamiento a Agar Manitol Sal. Incubar a $32,5 \pm 2,5^{\circ} \text{C}$ por 18 - 72 horas.
6. La posible presencia de colonias típicas de S.aureus en Agar Manitol Sal, se observan como colonias amarillas o blancas, rodeadas por una zona amarilla.



7. Si no hay colonias típicas, la muestra cumple el requisito en cuanto a ausencia de *Staphylococcus aureus*.
8. Si hay colonias típicas, con ayuda de un filamento, transferir una de ellas a un tubo de Agar Soya Caseína inclinado. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 18 - 24 horas.
9. A partir del tubo de Agar Soya Caseína, hacer coloración de Gram: el *S. aureus* es un coco Gram positivo. Preparar un cultivo en Caldo Cerebro Corazón. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 24 horas.
10. Realizar la prueba de coagulasa de la siguiente forma:



En un tubo de Wassermann colocar 0,5 ml de Plasma EDTA (para coagulasa); añadir 2 gotas (0,1 ml) del cultivo del microorganismo cultivado en Caldo Cerebro Corazón. Incubar en baño de agua a $37 \pm 1^\circ \text{C}$, durante 4 horas. Examinar al cabo de este tiempo y luego periódicamente durante 24 horas, para comprobar la formación de coágulos; cualquier grado de coagulación, por pequeño que sea, se considera un resultado positivo.

Si no se observa coagulación, la muestra cumple el requisito en cuanto a ausencia de *Staphylococcus aureus*.



Técnica T-02 Pseudomonas aeruginosa

Materiales

- Pipetas de 10 ml
- Propipetas
- Placas estériles
- Tiras indicadoras de pH
- Pipetas Pasteur
- Buffer fosfato pH 7,2
- Caldo Soya Caseína
- Agar Soya Caseína
- Agar Cetrimide
- Papel de filtro
- Reactivo Taxo N (p-aminodimetilanilina clorhidrato)
- Asa y filamento
- Mechero
- Equipo para coloración de Gram
- Estufa o incubadora a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$

Procedimiento

1. Transferir 10 g o 10 ml de la muestra y añadirlos a un frasco de dilución que contiene 90 ml de buffer fosfato pH 7,2 y agitar.
2. Determinar el pH de la dilución anterior con el uso de una pipeta Pasteur y de tiras indicadoras de pH. El mismo debe estar entre 6 y 8.
3. Transferir con una pipeta estéril, 10 ml de la mezcla anterior a un balón o fiola que contiene 90 ml de Caldo Soya Caseína (CSC) y agitar.
4. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 18 a 24 horas.

Aislamiento de Pseudomonas aeruginosa.

5. Agitar la mezcla incubada (CSC) y con el uso del asa hacer un aislamiento a Agar Cetrimide. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 18 - 72 horas.
6. Las colonias típicas de Pseudomonas aeruginosa en Agar Cetrimide son pequeñas, generalmente de color verdoso, con fluorescencia verdosa a la luz ultravioleta.



7. Si no hay colonias típicas, la muestra cumple el requisito en cuanto a ausencia de *Ps. aeruginosa*.
8. Si hay colonias típicas, transferir una de ellas a un tubo de Agar Soya Caseína inclinado. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 18 - 24 horas.
9. A partir del Agar Soya Caseína hacer una coloración de Gram: la *Ps. aeruginosa* es un bacilo Gram negativo.
10. Realizar la prueba de oxidasa a partir del cultivo puro: en una placa de Petri colocar un disco de papel de filtro. Impregnar con el reactivo Taxo N y dejarlo secar en la estufa. Con una pipeta Pasteur estéril con la punta cerrada, transferir una pequeña cantidad del cultivo del tubo de agar inclinado, al papel de filtro. El desarrollo de un color rosado, casi púrpura, se considera una prueba de oxidasa positiva.



→ Oxidasa positiva

Si la prueba de oxidasa es negativa, la muestra cumple el requisito en cuanto a ausencia de *Ps. aeruginosa*.



→ Oxidasa negativa

11. Si la prueba de oxidasa es positiva, la presencia de *Ps. aeruginosa* debe confirmarse por pruebas bioquímicas adicionales.
12. Realizar la prueba de crecimiento a 42°C : inocular un tubo de Agar Soya Caseína con el cultivo puro, e incubar en la estufa a una temperatura de 42°C por 24 – 72 horas. La *Ps. aeruginosa* es capaz de crecer a esta temperatura y es una prueba adicional para su identificación.



Técnica T-03. Candida albicans

Materiales

- Pipetas de 10 ml
- Propipetas
- Placas estériles
- Tiras indicadoras de pH
- Pipetas Pasteur
- Buffer fosfato pH 7,2
- Caldo Sabouraud Dextrosa
- Agar Sabouraud Dextrosa
- Asa y filamento de platino
- Mechero
- Estufa o incubadora a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$
- Lámina y laminilla

Procedimiento

1. Transferir 10 g o 10 ml de la muestra y añadirlos a un frasco de dilución que contiene 90 ml de buffer fosfato pH 7,2 y agitar.
2. Determinar el pH de la dilución anterior con el uso de una pipeta Pasteur y de tiras indicadoras de pH. El mismo debe estar entre 6 y 8.
3. Transferir con una pipeta estéril, 10 mL de la mezcla anterior a un balón o fiola que contiene 100 mL de Caldo Sabouraud Dextrosa (CSD) y agitar.
4. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 3 a 5 días.

Aislamiento de Candida albicans

5. Agitar la mezcla incubada (CSD) y mediante un asa hacer aislamiento a Agar Sabouraud Dextrosa. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 24 - 48 horas.
6. Realizar una observación al microscopio entre lámina y laminilla, empleando el objetivo 40-45X.
7. El crecimiento de colonias blancas en Agar Sabourud Dextrosa, puede indicar la posible presencia de Candida albicans. Confirmar la presencia de la misma a través de las pruebas de identificación o sistemas miniaturizados.



8. El producto pasa la prueba si no hay crecimiento en el Agar Sabouraud Dextrosa o si las pruebas de identificación son negativas.

La validez de los resultados de los ensayos descritos, dependerá de la demostración de que las muestras bajo ensayo no presentan de por sí, efectos inhibidores de la multiplicación de los microorganismos que pudieran estar presentes en ella.

Por consiguiente, para demostrar el efecto inhibidor de las muestras, se realiza un ensayo preliminar que no es más que las pruebas de Validación del producto, que consiste en inocular el Buffer fosfato pH 7,2; y los caldos de enriquecimiento en el momento en que se hace la preparación de la muestra (técnicas descritas anteriormente), con un inóculo no mayor a 100 ufc/mL de cada uno de los microorganismos en investigación (hacer cada microorganismo por separado), añadir la cantidad apropiada de muestra y proceder de la misma forma como se describió para el análisis de la muestra sola. Cabe resaltar que el volumen de la suspensión del microorganismo a inocular no debe ser mayor del 1% del volumen del producto diluido.

Técnica T-04. Recuento de microorganismos aerobios totales.

Recuento en placa (Método del vaciado en placa o siembra en profundidad).

Materiales

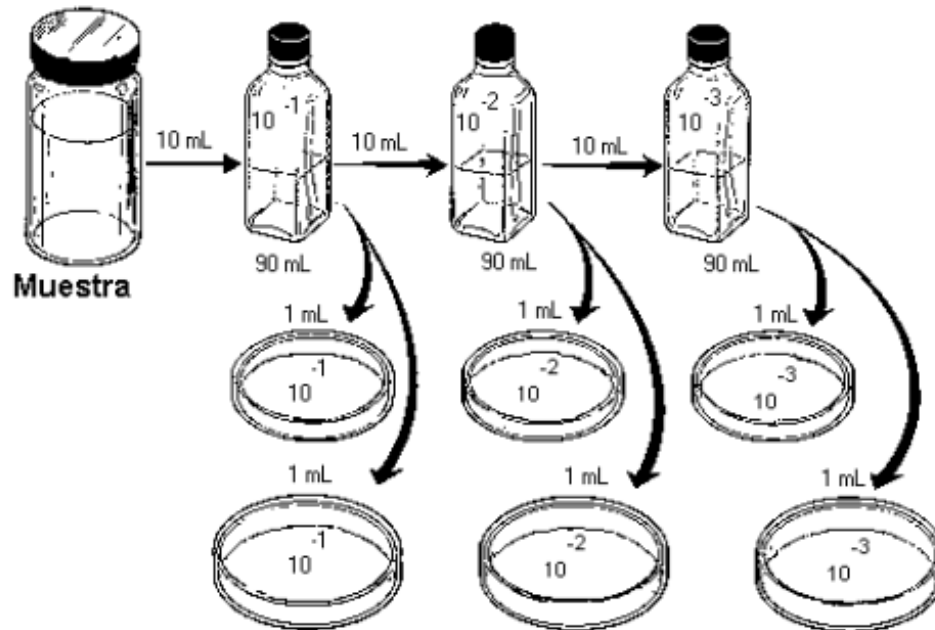
- Placas estériles
- Pipetas estériles de 1 ml y de 10 ml
- Propipetas
- Cintas indicadoras de pH
- Pipetas Pasteur
- Tubos de agar soya-caseína fundido y enfriado a 45-50°C
- Fracos de dilución con buffer fosfato pH 7,2



- Baño de María a 45-50°C
- Estufa o incubadora a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$
- Contador de colonias

Procedimiento

1. Transferir 10 g o 10 ml de la muestra y añadirlos a un frasco de dilución que contiene 90 ml de buffer fosfato pH 7,2 estéril. Agitar el frasco vigorosamente (25 veces) o hasta homogenizar. Rotular 10^{-1}
2. Con una pipeta Pasteur y con el uso de las tiras indicadoras de pH determinar el pH de la dilución anterior. El mismo debe estar entre 6 y 8.
3. Transferir con una pipeta estéril, 10 ml de la dilución 10^{-1} a un frasco de dilución con 90 mL de buffer fosfato pH 7,2 estéril. Agitar. Rotular 10^{-2}
4. Transferir con una pipeta estéril, 10 ml de la dilución 10^{-2} a un frasco de dilución con 90 mL de buffer fosfato pH 7,2 estéril. Agitar. Rotular 10^{-3}
5. Con una pipeta estéril, transferir porciones de 1 ml de la dilución 10^{-1} a cada una de 2 placas de Petri estériles.
6. Con una pipeta estéril, transferir porciones de 1 ml de la dilución 10^{-2} a cada una de 2 placas de Petri estériles.
7. Con una pipeta estéril, transferir porciones de 1 ml de la dilución 10^{-3} a cada una de 2 placas de Petri estériles.
8. Verter en cada una de las placas, 15 ml de Agar Soya Caseína, fundido y enfriado a 45°C, mezclando cuidadosamente las muestras con el agar. Dejar solidificar e incubar en posición invertida a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 3 a 5 días.



Esquema para el Recuento de Microorganismos Aerobios Totales.

Técnica T-05. Determinación de *Bacillus subtilis*

Proceder según se indica en Recuento de microorganismos aerobios totales. Preparar al menos dos placas empleando Agar Sabouraud Dextrosa o Agar Papa Dextrosa para cada nivel de dilución, previamente secadas en incubadora o campana de flujo laminar. Sembrar en superficie no más de 0,1 ml sobre cada placa. Incubar a 20 – 25 °C durante no menos de 5 días. Luego de la incubación, examinar las placas para observar si hubo desarrollo. Continuar según se indica en Siembra en profundidad para resembrar en superficie no más de 0,1 ml de la dilución final sobre al menos dos placas con Agar Digerido de Caseína-Soja previamente secadas en incubadora o campana de flujo laminar. Incubar a 30 - 35 °C durante no menos de 3 días. Luego de la incubación, examinar las placas para observar si hubo desarrollo. Contar el número de colonias y expresar el promedio para las dos placas como el número de unidades formadoras de colonias por g (UFC/g) o por ml de muestra (UFC/ml). Si no se detectan colonias en las placas, expresar los resultados como menor a la inversa del valor de la dilución utilizada y el volumen sembrado.



Técnica T-06. Determinación de E.coli

Materiales

- Pipetas de 10 ml y de 1 ml
- Propipetas
- Placas estériles
- Tiras indicadoras de pH
- Pipetas Pasteur
- Buffer fosfato pH 7,2
- Caldo Soya Caseína
- Caldo MacConkey
- Agar MacConkey
- Agar soya Caseína
- Agar Triple Azúcar Hierro (TSI)
- Asa y filamento de platino
- Mechero
- Equipo para coloración de Gram
- Estufa a $32,5 \pm 2,5^{\circ}$ C
- Estufa a 42 - 44^o C

Procedimiento

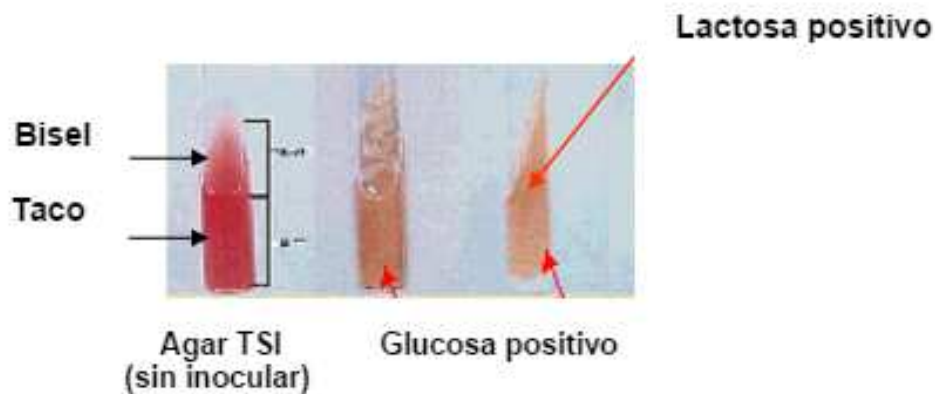
1. Transferir 10 g o 10 ml de la muestra y añadirlos a un frasco de dilución que contiene 90 mL de buffer fosfato pH 7,2 y agitar.
2. Determinar el pH de la dilución anterior con el uso de una pipeta Pasteur y de tiras indicadoras de pH. El mismo debe estar entre 6 y 8.
3. Transferir con una pipeta estéril, 10 mL de la mezcla anterior a un balón o fiola que contiene 90 mL de Caldo Soya Caseína y agitar.
4. Incubar a $32,5 \pm 2,5^{\circ}$ C por 18 a 24 horas.
5. Agitar la mezcla anterior (CSC) y transferir 1 ml a un balón o fiola con 100 ml de Caldo MacConkey (CMcC). Incubar a 42 - 44^o C por 24 - 48 horas.

Aislamiento de E. coli.

6. Agitar la mezcla incubada (CMcC) y con el uso del asa hacer un aislamiento a partir del Caldo MacConkey a una placa con Agar MacConkey. Incubar a $32,5 \pm 2,5^{\circ}$ C por 18 - 72 horas.



7. El crecimiento de colonias indica la posible presencia de E.coli. Las colonias de coliformes en agar MacConkey son de color rojo ladrillo, eventualmente rodeadas de zonas de bilis precipitada.
8. Si no hay colonias típicas, la muestra cumple los requisitos en cuanto a ausencia de coliformes.
9. Si hay colonias típicas, transplantar una de ellas a un tubo con Agar Soya Caseína inclinado. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 18 - 24 horas.
10. Hacer una coloración de Gram: E. coli es un bacilo Gram negativo.
11. Transferir el crecimiento de Agar Soya Caseína a un tubo con agar TSI. Incubar a $32,5 \pm 2,5^\circ \text{C}$ por 24 horas. Los cultivos típicos de E. coli en agar TSI presentan el bisel y el taco amarillo, sin oscurecimiento y con formación de gas.



Técnica T-07. Recuento de hongos y levaduras.

Materiales y reactivos

- Medio de cultivo Hongos y Levaduras Britania (Agar, Extrato de levadura, Glucosa, Cloranfenicol).
- Placas de petri estériles.
- Pipeta estéril.
- Pro pipetas.
- Baño de agua.
- Autoclave.
- Estufa de incubación a 25°C .

Fundamento

El medio es selectivo para el recuento de levaduras y hongos en muestras alimenticias. Es nutritivo por la presencia de extracto de levadura y glucosa. Es



selectivo debido a la presencia de cloranfenicol que inhibe el crecimiento bacteriano.

Se preparan placas usando el medio de cultivo específico y una muestra de cantidad adecuada. Se preparan otras placas con diluciones decimales de la muestra a controlar.

El principio del método se basa en la incubación aeróbica de las placas a 25 °C durante un periodo de tiempo de 5 días.

Procedimiento

1. Esterilizar en autoclave el material de vidrio que se utilizará en el ensayo.
2. Preparar y esterilizar medio de cultivo para hongos y levaduras según instrucciones del fabricante.
3. Tomar la muestra a ensayar como corresponda de acuerdo al caso.
4. Preparar la muestra para siembra. En caso de muestras solidas es necesaria la formación de una suspensión a modo de preparación de la muestra.
5. Realizar diluciones decimales posteriores en caso de ser necesario.
6. Tomar dos placas de petri estériles.
7. Transferir mediante una pipeta estéril, 1 ml de la muestra en cada placa (o 1 ml de la suspensión en caso de haberse muestreado producto sólido).
8. Tomar otras dos placas de petri estériles.
9. Transferir a cada placa mediante otra pipeta estéril, 1 ml de la dilución 10-1. En caso de ser productos no líquidos, será 10-2. (Si es necesario, repetir esta operación con diluciones decimales mayores).
10. Verter en cada placa de petri alrededor de 15 ml del medio para hongos y levaduras, previamente fundido y mantenido a 45 +- 1 °C en Baño María.
11. Mezclar con mucho cuidado el inóculo y el medio en la placa con suaves movimientos circulares sin levantar las placas.
12. Permitir que la mezcla solidifique dejando la placa en una superficie horizontal fría.
13. Preparar una placa de control de esterilización con 15 ml de medio de cultivo.
14. Invertir las placas preparadas y colocarlas en estufa de incubación a 25 °C por 5 días.
15. Contar las colonias de cada placa exceptuando las colonias bacterianas que pueden haberse desarrollado excepcionalmente.
16. Retener solamente las placas que presentan entre 10 y 150 colonias.



17. Efectuar los cálculos correspondientes y expresar los resultados como número de hongos y levaduras por gramo o mililitro de muestra.
18. Asentar el resultado obtenido en la correspondiente planilla o registro.

Interpretación de resultados

Determinar los resultados mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} = \frac{C}{(n1 + 0.1n2) \cdot d}$$

Donde:

N°: Cantidad de Hongos y levadura/gramo o ml de muestra

C : Suma de las colonias contadas en la totalidad de las placas

N1: Número de placas contadas en la primer dilución entre 10 y 150 colonias.

N2: Número de placas contadas en la segunda dilución entre 10 y 150 colonias.

D: Valor correspondiente a la dilución de la cual se obtuvo el primer recuento.

Redondear el resultado obtenido a dos cifras significativas. Si el número a redondear es 5 se redondea hacia la izquierda para dar un valor par. Debería expresarse como un número entre 1 y 9.9 en notación exponencial de acuerdo al recuento.

Si únicamente hay recuentos menores a 10, informar el número de microorganismos por gramo o mililitro como “menos de 10x1/d”, siendo d el valor correspondiente a la menor dilución sembrada.

Si únicamente hay recuentos que exceden los 150, calcular un recuento estimado de las placas con recuentos más cercanos a 150 colonias y multiplicar por el valor recíproco al valor correspondiente a la mayor dilución. Informar el resultado como “número estimado de mohos y levaduras por gramo o mililitro”.

Observaciones

-Todos los materiales y aparatos que entraran en contacto con la muestra, el diluyente para el medio de cultivo, o el medio de cultivo en sí, deben ser esterilizados de acuerdo con el procedimiento que así lo indica.

-No deben transcurrir más de 15 minutos entre la primera dilución y el verter del agar.

-No apilar más de seis placas en estufa.

-Para evitar el posible desarrollo de colonias expansivas, puede agregarse una segunda capa de medio de cultivo sobre la superficie ya solidificada.

Precisión

La diferencia entre dos resultados obtenido bajo las mismas condiciones no será en más del 5% de los casos superior al 30% con respecto al resultado más bajo. Se entiende como iguales condiciones a: el uso del mismo método, sobre idéntico



material de muestra, en el mismo laboratorio y realizado por el mismo analista, usando los mismos aparatos y en un intervalo de tiempo corto.

Técnica T-08. Determinación de Endotoxinas Bacterianas

El ensayo de endotoxinas bacterianas se aplica a la determinación o cuantificación de endotoxinas provenientes de las bacterias Gram negativas, empleando como reactivo, lisados de amebocitos circulantes del cangrejo herradura de *Limulus polyphemus* (ensayo LAL), de *Tachypleus tridentatus*, etc. Cuando se enfrenta el reactivo a soluciones que contienen endotoxinas produce gelificación. La reacción requiere la presencia cationes bivalentes. La velocidad de la re depende de la concentración de endotoxina, del pH y de la temperatura. El lisado contiene un sistema enzimático que actúa en cascada y que se activa progresivamente en presencia de endotoxinas.

Como resultado final, la proteína coagula (coagulógeno) se transforma en un gel (coagulina), siendo la base del método de gel en tubo. El ensayo debe realizarse en condiciones tales de evitar la contaminación microbiana.

Antes de llevarlo a cabo es necesario verificar:

1. Todos los materiales y reactivos a usar no contengan endotoxinas bacterianas.
2. La sensibilidad del lisado de acuerdo a los requisitos posteriormente descritos en cada método.
3. Ausencia de factores interferentes en las muestras a analizar. Los resultados son válidos siempre que se haya demostrado previamente que las muestras a analizar no inhiban ni intensifiquen la reacción.

Materiales

Es necesaria la aplicación de tratamientos controlados para la eliminación de endotoxinas.

Para el material de vidrio, el método más empleado es el calentamiento a 250 °C por lo menos durante 30 minutos o 180 °C durante 3 horas. Si se emplean materiales plásticos de único uso (microplacas, puntas para pipetas automáticas, etc.) es necesario verificar que los mismos estén libres de endotoxinas y que no interfieran con el ensayo.

- Agua reactivo: El agua empleada en este ensayo debe estar libre de endotoxinas. Puede ser preparada por destilación doble o triple y de recolectada



en envases convenientemente despirogenados. Es necesario efectuar el control de calidad de la misma, que debe cumplir con las condiciones del ensayo.

-Reactivo LAL (Lisado de Amebocitos) :Reconstituir el lisado según se indica en el rótulo y/o prospecto. La sensibilidad del lisado establecida en el rótulo y que debe ser confirmada, se expresa en Unidades de Endotoxina por ml (UE/ml).

-Otras soluciones: El ácido clorhídrico 0,1 N y el hidróxido de sodio 0,1 N, empleados para ajustar el pH entre 6,0 y 8,0, deben prepararse con Agua reactivo.

-Endotoxina de referencia y Endotoxina control: Existe una Endotoxina de referencia internacional. Se designa a la unidad de endotoxina como unidad internacional, siendo la relación 1 UI = 1 UE. En esta Farmacopea se designa a la unidad como Unidad de endotoxina).

La Endotoxina control es una preparación de endotoxina distinta de la Endotoxina de referencia, que se ha calibrado contra esta última. Las endotoxinas deben ser reconstituidas con Agua reactivo, mediante agitación con mezclador por vórtice, de acuerdo a las indicaciones de los rótulos y certificados de calibración. Estos concentrados se pueden conservar en heladera el tiempo especificado por el elaborador. Para la prepara de soluciones de endotoxinas, agitar vigorosamente con mezclador por vórtice los concentrados endotoxinas durante no menos de 5 minutos preparar diluciones seriadas en Agua reactivo con tiempos de agitación que pueden variar e 30 segundos y 1 minuto. No se deben almacenar las diluciones porque pueden perder actividad por adsorción al vidrio.

Método de gel en tubo

El método de gel en tubo permite establecer la presencia de endotoxinas bacterianas empleado como ensayo límite o como determinación semicuantitativa; el punto final es la constitución de un gel firme.

La determinación del punto final de la reacción se hace mediante comparación directa con una endotoxina control o de referencia; y las cantidades de endotoxina se expresan en las unidades de endotoxinas definidas. El pH de la mezcla a ensayar y del Reactivo LAL debe estar comprendido entre 6,0 y 8,0.

El pH puede ajustarse, antes del ensayo, por el agregado de hidróxido de sodio 0,1 N, ácido clorhídrico 0,1 N o soluciones reguladoras apropiadas estériles y libres de endotoxinas.

Procedimiento

Transferir a sendos tubos de ensayo los volúmenes indicados de: controles negativos, las diluciones seleccionadas de Endotoxina control referencia, la muestra sin diluir y/o las de la muestra a ensayar y los controles positivos de



ésta/s (preparados por la adición concentración de endotoxina igual a 2 lisados). Agregar a cada tubo volúmenes iguales de Reactivo LAL reconstituido y agitar suavemente para mezclar.

Colocar en un dispositivo para incubar, como por ej., un baño de agua o un calefactor apropiado, registrando exactamente la hora. Los tubos de 60 ± 2 minutos a 37 ± 1 °C y retirar. Cada reacciones deben ser incubadas simultáneamente en las mismas condiciones y realizarse al menos por duplicado. Incubar sin agitar cuidadosamente para su observación. Un resultado positivo (+) se caracteriza por la formación de un gel firme que se mantiene cuando se invierte el tubo 180°. Un resultado negativo (-) se caracteriza por la ausencia del gel o por la formación de un gel viscoso que no mantiene su integridad al invertir el tubo.

Interpretación

El ensayo sólo es válido cuando los controles negativos (-) y positivos (+) dan el resultado apropiado. La muestra cumple con el ensayo si el resultado de ambos duplicados de la muestra o dilución de ésta resulta negativo (-). No cumple si los duplicados resultan positivos (+). Repetir el ensayo si los duplicados no son coincidentes.

Técnica T-09. Determinación de la densidad relativa

Materiales

- Botella densidad (sólidos o líquidos)
- Balanza hidrostática (sólidos)
- Hidrómetro (líquidos) o un medidor de densidad digital con un transductor oscilante (líquidos y gases)

Procedimiento

La densidad relativa ($d_{t_2}^{t_1}$) de una sustancia es la relación entre la masa de un volumen determinado de una sustancia a una temperatura t_1 a la masa de un volumen igual de agua a la temperatura t_2 .

Densímetro de tranductor oscilante consiste de:

- Un tubo en U, por lo general de vidrio de borosilicato, que contiene el líquido a ser examinado.
- Un sistema de excitación magneto-eléctrico que hace que el tubo oscile a una frecuencia característica en función de la densidad del líquido a ser examinado.
- Un medio para medir el periodo de oscilación(T), que puede ser convertida por el aparato para dar una lectura directa de la densidad, o se utiliza para calcular la



densidad usando las constantes A y B se describe a continuación. Siendo la frecuencia de resonancia (f) en una función de la constante elástica y la masa(m) del sistema:

$$f^2 = \frac{1}{T^2} = \frac{c}{m} \times \frac{1}{4\pi^2}$$

$$T^2 = \left(\frac{M}{c} + \frac{\rho x V}{c} \right) \times 4\pi^2$$

Donde:

M: Masa del tubo.

V: Volumen interno del líquido.

$$A = \frac{c}{4\pi^2 x V}$$

$$B = \frac{M}{V}$$

Remplazando se obtiene la ecuación clásica para el transductor oscilante:

$$\rho = AxT^2 - B$$

Las constantes A y B se determinan por el funcionamiento del instrumento con el tubo en forma de U lleno de 2 muestras diferentes de densidad conocida, por ejemplo, agua desgasificada y aire. Las mediciones de control se hacen a diario. Los resultados que se muestran para la medición de control con agua desgasificada no deben desviarse del valor de referencia ($\rho = 0,998203 \pm 0,0001 \text{ g/cm}^3$).

Técnica T-10. Determinación del pH – Método potenciométrico

Materiales y reactivos

- pHmetro digital con electrodo de vidrio con punta para sólidos y sonda de temperatura.
- Solución Buffer pH 7.
- Solución Buffer pH 4.
- Solución de depósito de electrodo.
- Agua destilada.
- Papel tissue para secado de electrodo.



Fundamento

El principio del método se basa en la diferencia de potencial generada por la concentración de protones de una solución muestra, respecto de un electrodo de vidrio de plata-cloruro de plata en una solución saturada de cloruro de potasio. Dicho potencial es ampliado y traducido numéricamente en escala de pH de 0 a 14.

Sensibilidad

-Resolución: 0.01 pH, 0.1 mV, 0.1 °C

-Presición a 20 °C: +- 0.01 pH, +- 0.2 mV, +- 0.4 °C

Instrucciones calibración y medición

1. Encender el pHmetro.
2. Tomar electrodo y sonda de temperatura y enjuagar ambos con agua destilada.
3. Secar ambos instrumentos con papel tissue en forma suave.
4. Introducir electrodo y sonda en la solución buffer pH 4 y presionar la tecla CAL.
5. Esperar a que el display se estabilice y aparezca la palabra READY.
6. Extraer electrodo y sonda y enjuagar con agua destilada.
7. Secar con papel tissue suavemente.
8. Colocar electrodo y sonda en solución buffer pH 7 y presionar la tecla CAL.
9. Esperar a que el display se estabilice y aparezca la palabra READY.
10. Extraer electrodo y sonda, enjuagar con agua destilada y secar suavemente con papel tissue.
11. Proceder a hacer la medición de pH que corresponda introduciendo el electrodo y sonda en la muestra.
12. Hacer lectura del valor de pH arrojado una vez que el mismo se estabiliza.
13. Asentar el valor leído como resultado de la medición de pH.

Interpretación de resultados

El valor de pH leído en la pantalla del pHmetro, es el resultado que se obtiene de la medición.



Técnica T-11. Determinación de la concentración del hidróxido de sodio

Método de ensayo volumétrico

Reactivos

- Ácido Clorhídrico 1 N
- Fenolftaleína 1% (Indicador)
- Agua destilada

Procedimiento

Pesar aproximadamente 1-2 gramos de muestra (10-12 gotas) en balanza de precisión en un Erlenmeyer de 250 ml. Agregar 50 ml. de agua destilada y agitar. Colocar en bureta de 50 ml ácido clorhídrico 1 N para realizar la titulación, usar como indicador fenolftaleína al 1% (5 gotas), la muestra toma coloración rosa; titular hasta incoloro.

Resultados

Calculo del porcentaje de hidróxido de sodio con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de NaOH} = \frac{V * F * N * 0,040 * 100}{PM}$$

Donde:

- V: Volumen de Ácido Clorhídrico 1 N
- 0.040: Molequivalente químico de NaOH
- F: Factor de solución titulante
- PM: Peso de la muestra empleada
- N: Normalidad solución titulante

Técnica T-12. Determinación de la concentración del hipoclorito de sodio

Método de ensayo volumétrico

Reactivos

- Tiosulfato de Sodio 0,1 N
- Ácido Acético Glacial Pro-Análisis
- Ioduro de Potasio al 10%
- Solución de Almidón al 0,5%
- Agua destilada



Procedimiento

En un Erlenmeyer de 250 ml colocar 1 ml de Hipoclorito de Sodio, y agregar 50 ml de agua destilada y agitar. Agregar 10 ml de Ioduro de Potasio al 10%, se agita y se prosigue agregando 10 ml de Ácido Acético, agitar. Se prosigue a la titulación con Tiosulfato de Sodio, cuando va tomando un color amarillo claro se agrega un chorro de Solución de Almidón al 0,5%, tomando una coloración negra; se prosigue titulado hasta quedar incolora.

Resultado

Calculó el cloro activo en g/l:

$$\text{Cloro activo g/l} = \frac{V * 0,1 * 35,46}{1}$$

Donde:

V: Volumen de Tiosulfato de Sodio 0.1 N

0.1: Normalidad de la solución titulante

Técnica T-13. Determinación de la concentración del ácido nítrico

Método de ensayo volumétrico

Reactivos

- Hidróxido de Sodio 1 N
- Fenolftaleína 1% (Indicador)
- Agua destilada

Procedimiento

Pesar aproximadamente 1-2 gramos de muestra (12-14 gotas) en balanza de precisión en un Erlenmeyer de 250 ml. agregar 50 ml. de agua destilada y agitar. Colocar en bureta de 50 ml hidróxido de sodio 1 N para realizar la titulación, usar como indicador fenolftaleína al 1% (5 gotas), la muestra no toma coloración; titular hasta coloración rosa.

Resultado

Calcular el porcentaje de ácido nítrico con la siguiente ecuación:



$$\% \text{ de Ac. Nítrico} = \frac{V * F * N * 0,063 * 100}{PM}$$

Donde:

V: Volumen de Hidróxido de Sodio 1 N

0.063: Molequivalente químico de Ac. Nítrico

F: Factor de solución titulante

PM: Peso de la muestra empleada

N: Normalidad solución titulante

Técnica T-14. Determinación del aspecto del HCl

Materiales

- Agua destilada
- Tubo de ensayo

Procedimiento

1. Homogeneizar el ácido en el envase original.
2. Transferir 10 cm³ a un tubo de ensayo de 20 x 150 mm y comparar con igual volumen de agua destilada en un tubo similar.
3. Los líquidos deben ser igualmente claros y libres de materia en suspensión.

Técnica T-15. Determinación de la concentración del HCl

Método de ensayo volumétrico

Reactivos

- Solución valorada de hidróxido de sodio 1 N.
- Solución indicadora de anaranjado de metilo

Procedimiento

Tarar un frasco Erlenmeyer de 125 cm³ con tapa esmerilada conteniendo 20 cm³ de agua destilada, rápidamente añadir 3 cm³ de la muestra, tapar y pesar cuidadosamente. Diluir a 50 cm³ con agua destilada libre de anhídrico carbónico, añadir 2 gotas de anaranjado de metilo y titular con la solución valorada 1 N de hidróxido de sodio.



Resultado

La concentración de ácido clorhídrico se determina mediante la ecuación siguiente:

$$HCl = \frac{V * N * 0,03646 * 100}{PM}$$

Donde:

HCl: Concentración de ácido clorhídrico, en g/100 g.

N: Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V: Volumen de solución de hidróxido de sodio empleado en la valoración, en cm³.

PM: Peso de la muestra empleada, en gramos.

Técnica T-16. Determinación del poder de absorción del carbón activado

Materiales

- Erlenmeyer con tapón de vidrio esmerilado
- Filtros
- Agua pura
- Bromuro de potasio
- Ácido clorhídrico diluido
- Rojo de metilo
- Bromato de potasio
- Fenazona

Procedimiento

-Blanco: llevar a cabo una valoración en blanco utilizando 10 ml de la solución fenazona.

Pesar 0,3 g de la muestra en un erlenmeyer con tapón de vidrio esmerilado de 100 ml y añadir 25 ml de una solución recién preparada con 0,5 g de fenazona en 50 ml de agua pura. Agitar durante 15 min, filtrar y rechazar los primeros 5 ml de filtrado. Para 10 ml de filtrado añadir 1 g de bromuro de potasio y 20 ml de ácido clorhídrico diluido. Usar 0,1 ml de solución de rojo de metilo como indicador. Titular con bromato de potasio 0,0167 M hasta que desaparece el color rojo.

Resultado

Calcular la cantidad de fenazona adsorbido (q) por 100 g de carbón activado a partir de la siguiente ecuación:



$$q = \frac{2,353 * (a - b)}{m}$$

Donde:

a: Volumen de bromato de potasio 0,0167 M usado en la titulación del blanco (ml).

b: Volumen de bromato de potasio 0,0167 M usado en la titulación de la muestra (ml).

m: Masa en gramos de la sustancia examinada.

Técnica T-17. Estimación de la distribución del tamaño de partícula por tamizado analítico

Fundamento

El tamizado es uno de los métodos más antiguos para clasificar los polvos y los gránulos según la distribución del tamaño de partícula.

El tamizado utilizando un lienzo tejido como tamiz, consiste básicamente en clasificar las partículas según su tamaño intermedio (es decir, según su ancho o amplitud). El tamizado mecánico se recomienda si la mayoría de las partículas superan los 75 μ m aproximadamente. Si se trata de partículas más pequeñas, durante el tamizado se observa que su escaso peso no ejerce la fuerza suficiente para contrarrestar las fuerzas de adhesión y cohesión superficial, que hacen que las partículas se aglutinen unas con otras y al tamiz. Por este motivo, las partículas que se esperaba que pasaran por el tamiz, en realidad no lo hacen. Para este tipo de materiales se recomienda emplear otros métodos de agitación, como por ejemplo el tamizado con un chorro de aire o el tamizado sónico. No obstante, el tamizado se puede emplear en algunos casos para algunos polvos o gránulos cuya mediana de tamaño de partícula sea inferior a 75 μ m, siempre que el método se pueda validar. En términos farmacéuticos, el tamizado es el método de preferencia para clasificar polvos o gránulos sin mezclas más gruesos. El método es especialmente atractivo ya que tanto los polvos como los gránulos se clasifican solamente en función del tamaño de partícula y en la mayoría de los casos el análisis se puede efectuar con el material seco.

Entre los factores limitantes que presenta el método se encuentran la necesidad de contar con una cantidad de muestra apreciable (según sea la densidad del polvo o de los gránulos y el diámetro de los orificios del tamiz, generalmente como mínimo 25 g) y la dificultad que presenten polvos o gránulos oleosos o cohesivos que obstruyen los orificios del tamiz. En esencia, el método estima el tamaño en dos dimensiones ya que el pasaje a través del orificio del tamiz a menudo presenta mayor dependencia del ancho y del espesor máximos que del largo.



El método está destinado a estimar la distribución del tamaño de partícula total de un material sin mezclar. No está diseñado para determinar la proporción de partículas que pasan o que se retienen por uno o dos tamices.

Se debe tamizar en condiciones tales que no generen ni pérdida ni aumento del contenido de humedad de la muestra. Controlar la humedad relativa ambiente del lugar donde se efectúa el tamizado de forma de impedir que la muestra absorba o pierda humedad.

Principios del Tamizado Analítico

Los tamices analíticos constan de una malla de alambre, de tejido simple, que se asume, deja aberturas casi cuadrangulares y que está sellada en la base de un recipiente cilíndrico abierto. El método analítico de base consiste en apilar los tamices uno sobre el otro, encimándolos en orden ascendente de tamaño de orificio y luego colocar la muestra en el tamiz superior. Someter a agitación el grupo de tamices apilados durante un tiempo normalizado y luego determinar con exactitud el peso del material retenido en cada tamiz. Por este método se calcula el porcentaje, en peso, del polvo retenido en cada uno de los tamices utilizados.

El procedimiento para estimar la distribución del tamaño de partícula de un único polvo farmacéutico está diseñado, en general, para trabajar con polvos en los que al menos el 80% de las partículas supera los 75 μ m. El parámetro dimensional que se emplea para determinar la distribución del tamaño de partícula por tamizado analítico es el largo de uno de los lados del orificio cuadrangular más pequeño a través del cual pasará la partícula.

Equipo: Tamices analíticos

Los tamices analíticos adecuados para efectuar las pruebas farmacopeicas cumplen con las especificaciones contenidas en la versión más actualizada de la Norma ISO 3310-1 de la Organización Internacional de Normalización, los mismos deben ser de acero inoxidable, con aberturas nominales 250, 200, 125, y 50 μ m. Emplear el método de agitación mecánica o electromagnética.

Muestra de prueba

Clorhidrato de glucosamina: Emplear una muestra de 5 g y realizar el análisis en un ambiente con humedad controlada.

Carbón activado: Emplear una muestra de 25 g y agregar 0,5% de un agente antiestático, como dióxido de silicio coloidal u óxido de aluminio.



Determinación del Punto Final

El tamizado analítico se da por concluido cuando el peso de cualquiera de los tamices no presenta variaciones de más de 5% o de 0,1 g (10% si se emplean tamices de 76 mm) del peso previo obtenido en ese mismo tamiz. Si en uno cualquiera de los tamices hay menos del 5% del total de la muestra, aumentar el punto final para ese tamiz hasta un 20% del peso previo obtenido en ese mismo tamiz.

Si en uno de los tamices se encuentra más del 50% del peso total de la muestra, a menos que esta circunstancia esté indicada en la monografía, repetir la prueba agregando a ese conjunto de tamices un tamiz con orificios más grandes, de tamaño intermedio entre el tamaño del tamiz que contiene el exceso de peso y el siguiente tamiz en el orden del grupo original, es decir, agregando el tamiz de la serie ISO omitido en el conjunto de tamices.

Método de Tamizado en Seco

Tarar cada tamiz con una aproximación de 0,1 g. Colocar una cantidad de la muestra de prueba pesada con exactitud en el tamiz superior (el de orificios más grandes) y tapar. Agitar el conjunto de tamices durante 5 minutos. A continuación desmontar cuidadosamente cada tamiz del conjunto de tamices sin que haya pérdida de material. Volver a pesar cada tamiz y determinar el peso del material en cada uno de ellos. Determinar el peso del material utilizando una bandeja recolectora u otro adminículo similar para recolectar el material. Volver a montar el conjunto de tamices y agitar durante 5 minutos. Desmontar y pesar cada uno de los tamices como se describió anteriormente. Repetir los pasos hasta obtener los resultados del punto final (ver determinación del punto final en tamices analíticos) una vez completado el análisis, conciliar los pesos del material. Las pérdidas totales no exceden de 5% del peso de la muestra original.

Repetir el análisis con una muestra nueva, pero usando un solo tiempo de tamizado igual a la sumatoria de los tiempos mencionados anteriormente. Confirmar que este tiempo de tamizado cumple con los requisitos de la determinación de punto final. Una vez validado el punto final para un material específico, ese tiempo único de tamizado fijado se puede usar en los próximos análisis, siempre y cuando la distribución del tamaño de partícula esté comprendida dentro de los límites de la variación normal.

Si se observara que las partículas retenidas en uno cualquiera de los tamices están en forma de agregados y no de partículas individuales, es poco probable que el tamizado mecánico en seco proporcione una buena reproducibilidad. En ese caso se debe emplear otro método de análisis del tamaño de partícula.



Interpretación

Los datos sin procesar deben incluir el peso de la muestra en análisis, el tiempo total de tamizado y la descripción precisa de la metodología de tamizado empleada así como los valores fijados para todo parámetro variable, además de los pesos del material retenido en cada tamiz individual y del peso en la bandeja. En algunos casos se recomienda convertir estos datos en una distribución acumulativa del peso y, si se desea expresar la distribución en términos del peso acumulado de partículas de tamaño inferior al esperado, el intervalo de tamices empleados debe incluir un tamiz por cuyos orificios pasa todo el material. Si se observan indicios de que el material retenido en los tamices está compuesto por agregados formados durante el proceso de tamizado, el análisis no es válido.

Técnica T-18. Determinación de la concentración del clorhidrato de glucosamina.

Materiales

Solución amortiguadora de fosfato: Mezclar 1,0 ml de ácido fosfórico con 2 l de agua y ajustar con hidróxido de potasio a un pH de 3,0.

Fase móvil: Preparar una mezcla de Solución amortiguadora de fosfato y acetonitrilo (3:2). Someter a ultrasonido durante 15 minutos y pasar a través de un filtro de 0,5 mm o menor tamaño de poro. Hacer ajustes si fuera necesario.

Preparación estándar: Disolver en agua una cantidad pesada con exactitud de Clorhidrato de Glucosamina para obtener una solución n con una concentración conocida de aproximadamente 1,0 mg por ml.

Preparación de valoración: Transferir aproximadamente 100 mg de Clorhidrato de Glucosamina, pesados con exactitud, a un matraz volumétrico de 100 ml. Disolver en 30 ml de agua, agitar por medios mecánicos, diluir a volumen con agua y mezclar.

Sistema cromatográfico: Equipar un cromatógrafo de líquidos con un detector a 195 nm y una columna de 4,6 mm x 25 cm rellena con material L7 (Octilsilano unido químicamente a partículas de sílice totalmente porosas, de 1,7µm a 10mm de diámetro).

La velocidad de flujo es de aproximadamente 0,6 ml por minuto. Cromatografiar la preparación estándar y registrar el cromatograma según se indica en el Procedimiento: el factor de asimetría para el pico de glucosamina no es mayor de 2,0 y la desviación estándar relativa para inyecciones repetidas no es más de 2,0%.



Procedimiento

Inyectar por separado en el cromatógrafo volúmenes iguales (aproximadamente 10 ml) de la preparación estándar y de la Preparación de valoración, registrar los cromatogramas y medir las áreas correspondientes a los picos de glucosamina. Calcular el porcentaje de $C_6H_{13}NO_5.HCl$ en la porción de Clorhidrato de Glucosamina tomada, por la fórmula:

$$10.000(C/W)*(rU / rS)$$

Donde:

C: Concentración, en mg por ml, de Clorhidrato de Glucosamina en la preparación estándar.

W: Peso, en mg, de Clorhidrato de Glucosamina tomado para preparar la preparación de valoración;

rU y rS: son las respuestas de los picos obtenidos a partir de la preparación de valoración y de la preparación estándar, respectivamente

Técnica T-19. Pérdida por secado

Fundamento

El procedimiento determina la cantidad de materia volátil de cualquier tipo que se elimina en las condiciones especificadas.

Procedimiento

Mezclar y pesar con exactitud la sustancia a analizar y, realizar la determinación en 1 a 2 g. Tarar un frasco para pesada con tapón de cristal, de poca profundidad, que se haya secado durante 30 minutos en las mismas condiciones que deben emplearse en la determinación. Colocar la muestra a analizar en el frasco, volver a colocar el tapón y pesar con exactitud el frasco y el contenido. Distribuir la muestra a analizar tan uniformemente como sea posible agitando suavemente hacia los lados, hasta lograr una profundidad de aproximadamente 5 mm por lo general, y no más de 10 mm en caso de materiales voluminosos. Colocar el frasco cargado en la cámara de secado, retirando el tapón y dejándolo también en la cámara. Secar la muestra de prueba a 105°C, durante 2 h.

Al abrir la cámara, cerrar rápidamente el frasco, permitiendo que llegue a temperatura ambiente en un desecador antes de pesarlo.

Si la sustancia se funde a una temperatura inferior a la que se especifica para la determinación de la pérdida por secado, mantener el frasco y sus contenidos durante 1 a 2 horas a una temperatura de 5°C a 10°C inferior a la temperatura de fusión y luego secar a la temperatura especificada.



La pérdida por secado debe determinarse mediante análisis termogravimétrico, utilizar una electrobalanza sensible.

Técnica T-20. Residuo de incineración

La prueba de Residuo de Incineración/Cenizas Sulfatadas emplea un procedimiento para medir la cantidad de sustancia residual no volatilizada de una muestra cuando ésta se incinera en presencia de ácido sulfúrico conforme al procedimiento que se describe a continuación. Generalmente esta prueba se emplea para determinar el contenido de impurezas inorgánicas en una sustancia orgánica.

Procedimiento

Incinerar un crisol adecuado (por ejemplo de sílice, platino, cuarzo o porcelana) a $600\pm 50^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, enfriar el crisol en un desecador (gel de sílice u otro desecante adecuado) y pesarlo con exactitud. Pesar con exactitud 1 a 2 g de la sustancia o la cantidad que se especifica en la monografía individual, en el crisol.

Humedecer la muestra con una pequeña cantidad (generalmente 1 ml) de ácido sulfúrico y luego calentar suavemente a una temperatura tan baja como sea posible hasta que la sustancia se carbonice totalmente. Enfriar; y luego humedecer el residuo con una pequeña cantidad (generalmente 1 ml) de ácido sulfúrico; calentar suavemente hasta que no se generen humos blancos e incinerar a $600\pm 50^{\circ}\text{C}$, hasta que el residuo este completamente incinerado. Asegurarse, durante todo el procedimiento, de que no se produzcan llamas en ningún momento. Enfriar el crisol en un desecador (gel de sílice u otro desecante adecuado), pesar con exactitud y calcular el porcentaje del residuo.

Si la cantidad del residuo así obtenido excede el límite especificado, humedecer nuevamente con ácido sulfúrico, calentar e incinerar como se indicó anteriormente, usando un período de incineración de 30 minutos, hasta que dos pesadas consecutivas del residuo no difieran en más de 0,5 mg o hasta que el porcentaje del residuo cumpla con el límite establecido.

Realizar la incineración en una campana bien ventilada, pero protegida de las corrientes de aire y a la menor temperatura posible para lograr la combustión completa del carbón. Puede usarse una mufla, si se desea, cuyo uso para la incineración final se recomienda a $600\pm 50^{\circ}\text{C}$

La mufla se puede calibrar empleando un termómetro digital adecuado y una sonda termopar de trabajo calibrada contra un termopar estándar rastreable al



Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology).

Verificar la exactitud de los circuitos de medición y control de la mufla mediante la comprobación de la temperatura fijada para el uso previsto en distintas posiciones dentro de la mufla. Seleccionar las posiciones que reflejen el método de uso eventual con respecto a la ubicación de la muestra en análisis. La tolerancia es de $\pm 25^{\circ}\text{C}$ en cada posición medida.

Técnica T-21. Determinación de sulfatos

Realizar las pruebas y los controles utilizando tubos de vidrio que tengan el mismo diámetro y sean semejantes. Emplear las mismas cantidades de los mismos reactivos tanto para la solución en análisis como para la solución control que contiene el volumen especificado de sulfato.

Procedimiento

Disolver 0,10 g en 30 ml a 40 ml de agua, o, si la sustancia ya está en solución, agregar agua para obtener un volumen total de 30 ml a 40 ml y, si fuera necesario, neutralizar la solución al tornasol con ácido clorhídrico. Agregar 1 ml de ácido clorhídrico 3N, 3 ml de cloruro de bario SR y agua suficiente para obtener 50 ml. Mezclar y dejar en reposo durante 10 minutos. Comparar la turbidez, si la hubiera, con la producida en una solución que contenga 0,25 ml de ácido sulfúrico 0,020N.

Técnica T- 22. Determinación de arsénico

Fundamento

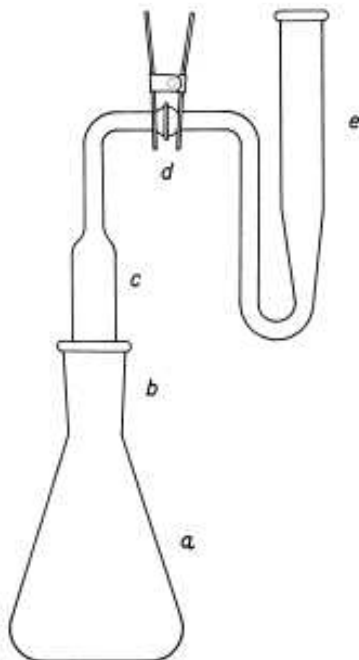
Este procedimiento está diseñado para determinar la presencia de trazas de arsénico (As) convirtiendo el arsénico en las sustancias en análisis en arsina, la cual se pasa luego a través de una solución de dietilditiocarbamato de plata y forma un complejo de color rojo. El color rojo producido de esta manera se compara, en forma visual o espectrofotométrica, con el color producido de manera similar en un control que contiene una cantidad de arsénico que equivale al límite especificado en la monografía individual. Los límites se establecen en términos de arsénico (As).

Equipo

El aparato (ver ilustración) consta de un generador de arsina (a) equipado con una unidad depuradora (c) y un tubo de absorción (e) con juntas cónicas estándar o



juntas de ró tula esférica de vidrio esmerilado (b y d) entre las unidades. No obstante, se puede usar cualquier otro aparato adecuado cuyo principio de funcionamiento sea el mismo que el del aparato descrito e ilustrado.



Aparato para la Prueba de Arsénico

Solución Madre de Trióxido de Arsénico

Disolver 132,0 mg de trióxido de arsénico, previamente secados a 105 °C durante una hora y pesados con exactitud, en 5 ml de solución de hidróxido de sodio (1 en 5) en un matraz volumétrico de 1000 ml. Neutralizar la solución con ácido sulfúrico 2 N, agregar 10 ml más de ácido sulfúrico 2 N y luego llevar a volumen con agua recientemente hervida y enfriada, y mezclar.

Solución Estándar de Arsénico

Transferir 10,0 ml de la Solución Madre de Trióxido de Arsénico a un matraz volumétrico de 1000 ml, agregar 10 ml de ácido sulfúrico 2 N, llevar a volumen con agua recientemente hervida y enfriada, y mezclar. Cada ml de la Solución Estándar de Arsénico contiene el equivalente a 1 mg de arsénico (As). Conservar esta solución en un recipiente que sea totalmente de vidrio y usarla durante los tres días posteriores a su preparación.



Preparación Estándar

Pipetear 3,0 ml de Solución Estándar de Arsénico y transferir al matraz generador, agregar 2 ml de ácido sulfúrico, mezclar y agregar la cantidad total de peróxido de hidrógeno al 30 por ciento empleado en la Preparación de Prueba. Calentar la mezcla hasta que se desprenda humo denso. Dejar que se enfríe, agregar cuidadosamente 10 ml de agua y volver a calentar hasta que se produzca humo irritante. Se debe repetir este procedimiento con otros 10 ml de agua para eliminar cualquier traza de peróxido de hidrógeno. Enfriar y diluir con agua hasta obtener 35 ml.

Preparación de Prueba

Excepto que se indique algo diferente en la monografía individual, transferir un matraz generador la cantidad, en g, de la sustancia de prueba calculada por la fórmula: $3,0/L$, en donde L es el límite de arsénico en ppm. Agregar 5 ml de ácido sulfúrico y algunas perlas de vidrio y digerir en una campana de extracción, preferentemente en una placa de calentamiento, y a una temperatura de no más de 1208, hasta que se inicie la carbonización. (Agregar más ácido sulfúrico si fuera necesario para humedecer completamente algunas muestras pero teniendo en cuenta que el volumen total agregado no puede exceder de 10 ml.) Agregar cuidadosamente, gota a gota, peróxido de hidrógeno al 30%, y dejar que la reacción disminuya y calentar nuevamente entre una y otra gota. Agregar las primeras gotas muy lentamente mezclando lo suficiente para evitar una reacción rápida. Interrumpir el calentamiento si se produce excesiva espuma. Cuando la reacción ha terminado, calentar cuidadosamente, rotando el matraz ocasionalmente para evitar que algunas porciones de la muestra queden adheridas a las paredes del matraz expuestas a la unidad de calentamiento. Mantener las condiciones de oxidación en todo momento durante la digestión agregando pequeñas cantidades de la solución de peróxido de hidrógeno cada vez que la mezcla se torne de color marrón o se oscurezca. Continuar la digestión hasta que la materia orgánica se destruya, aumentando gradualmente la temperatura de la placa de calentamiento hasta que se desprenda abundante humo de trióxido de azufre y la solución se vuelva incolora o presente solamente un color ligeramente pajizo. Enfriar, agregar cuidadosamente 10 ml de agua, mezclar y volver a evaporar hasta que aparezca humo irritante; repetir este procedimiento para eliminar cualquier traza de peróxido de hidrógeno. Enfriar, agregar cuidadosamente 10 ml de agua, lavar las paredes del matraz con algunos ml de agua y diluir con agua a 35 ml.



Procedimiento

Tratar la Preparación Estándar y la Preparación de Prueba de la misma manera, tal como se describe a continuación. Agregar 20 ml de ácido sulfúrico 7 N, 2 ml de yoduro de potasio SR y 0,5 ml de solución ácida de cloruro estannoso concentrada SR y 1 ml de alcohol isopropílico, y mezclar. Dejar en reposo a temperatura ambiente durante 30 minutos. Rellenar el tubo depurador (c) con dos trozos de algodón previamente impregnados con solución saturada de acetato de plomo, exprimidos para eliminar el exceso de solución y secados al vacío a temperatura ambiente, dejando un pequeño espacio de 2 mm entre los dos trozos de algodón. Lubricar las juntas (b y d) con una grasa adecuada para llaves de paso, apropiada para usarse con disolventes orgánicos y conectar la unidad depuradora al tubo de absorción (e). Transferir 3,0 ml de dietilditiocarbamato de plata SR al tubo de absorción. Agregar 3,0 g de cinc granulado (malla N° 20) a la mezcla del matraz y conectar inmediatamente la unidad depuradora ensamblada y permitir el desprendimiento de hidrógeno y el desarrollo de color a temperatura ambiente durante 45 minutos, agitando el matraz por rotación moderada cada 10 minutos. Desconectar el tubo de absorción de la unidad depuradora y del matraz generador y transferir la solución absorbente a celdas de absorción de 1 cm. La coloración roja producida por la Preparación de Prueba no excederá la producida por la Preparación Estándar. Si fuera necesario o conveniente, determinar la absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción entre 535 nm y 540 nm con un espectrofotómetro o colorímetro adecuado, usando dietilditiocarbamato de plata SR como blanco.

Sustancias Químicas Interferentes

Los metales o las sales de metales, como el cromo, cobalto, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, paladio y plata, pueden interferir con la formación de arsina. El antimonio, que forma estibina, produce una interferencia positiva en el desarrollo del color con dietilditiocarbamato de plata SR. Cuando se sospecha la presencia de antimonio, el color rojo que se produce en las dos soluciones de dietilditiocarbamato de plata, puede compararse a la longitud de onda de máxima absorción entre 535 nm y 540 nm con un colorímetro apropiado, ya que a esta longitud de onda la interferencia debida a la estibina es inapreciable.



Técnica T- 23. Determinación de metales pesados

Fundamento

Esta prueba se proporciona para demostrar que el contenido de impurezas metálicas coloreadas por el ion sulfuro, en las condiciones de prueba especificadas, no excede el límite de metales pesados especificado en la monografía individual correspondiente al porcentaje (en peso) de plomo en la sustancia en análisis, según se determina mediante comparación visual concomitante

Reactivos Especiales

-Solución Madre de Nitrato de Plomo: Disolver 159,8 mg de nitrato de plomo en 100 ml de agua a la que se le ha agregado 1 ml de ácido nítrico, luego diluir con agua hasta 1000 ml. Preparar y almacenar esta solución en recipientes de vidrio libres de sales de plomo solubles.

-Solución Estándar de Plomo: En el día de uso, diluir con agua 10,0 ml de Solución Madre de Nitrato de Plomo hasta 100,0 ml. Cada ml de la Solución Estándar de Plomo contiene el equivalente a 10 mg de plomo. Una solución de comparación preparada sobre la base de 100 ml de Solución Estándar de Plomo por g de sustancia en análisis contiene el equivalente a 1 parte de plomo por millón de partes de la sustancia en análisis.

Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3,5

Disolver 25,0 g de acetato de amonio en 25 ml de agua y agregar 38,0 ml de ácido clorhídrico 6N. Ajustar, si fuera necesario, con hidróxido de amonio 6N o ácido clorhídrico 6N hasta un pH de 3,5; diluir con agua hasta 100 ml y mezclar.

Preparación Estándar

Pipetear 2 ml de la Solución Estándar de Plomo (20 mg de Pb), transferir a un tubo de comparación de color de 50 ml y diluir con agua hasta 25 ml. Usando un medidor de pH o un papel indicador de pH de intervalo corto como indicador externo, ajustar con ácido acético 1 N o hidróxido de amonio 6 N hasta un pH entre 3,0 y 4,0; diluir con agua hasta 40 ml y mezclar.

Preparación de Prueba

Usar una cantidad, en g, de la sustancia a analizar calculada por la fórmula:

$$2,0/(1000L)$$

Donde:



L: Límite de Metales pesados, expresado como porcentaje.

Transferir la cantidad pesada de la sustancia a un crisol adecuado, agregar suficiente ácido sulfúrico para humedecerla e incinerar cuidadosamente a baja temperatura hasta que se carbonice por completo. (El crisol puede estar cubierto con una tapa adecuada no ajustada durante la carbonización). Agregar 2 ml de ácido nítrico y 5 gotas de ácido sulfúrico a la masa carbonizada y calentar con cuidado hasta que ya no se produzcan humos blancos. Incinerar preferiblemente en una mufla, a una temperatura de 500 °C a 600 °C hasta que el carbón se haya quemado completamente. Enfriar, agregar 4 ml de ácido clorhídrico 6N, cubrir y digerir en un baño de vapor durante 15 minutos, remover la tapa y evaporar lentamente hasta sequedad en un baño de vapor. Humedecer el residuo con 1 gota de ácido clorhídrico, agregar 10 ml de agua caliente y digerir durante 2 minutos. Agregar, gota a gota, hidróxido de amonio 6N hasta que la solución sea alcalina al papel de tornasol, diluir con agua a 25 ml y ajustar con ácido acético 1 N a un pH entre 3,0 y 4,0, empleando un papel indicador de pH de intervalo corto como indicador externo. Filtrar si fuera necesario, enjuagar el crisol y el filtro con 10 ml de agua, combinar el filtrado y el enjuague en un tubo de comparación de color de 50 ml, diluir con agua a 40 ml y mezclar.

Procedimiento

A cada uno de los tubos que contengan la Preparación Estándar y la Preparación de Prueba, agregar 2 ml de la Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3,5; luego agregar 1,2 ml de tioacetamidaglicerina básica SR, diluir con agua hasta 50 ml, mezclar, dejar en reposo durante 2 minutos y observar hacia abajo sobre una superficie blanca: el color de la solución de la Preparación de Prueba no es más oscuro que el de la solución de la Preparación Estándar.

Técnica T-24. Conductividad

La conductividad eléctrica hace referencia a la capacidad que tiene una solución para conducir la corriente eléctrica. Esta determinación indica la concentración total de componentes ionizados en las distintas soluciones. La conductividad eléctrica es proporcional al contenido de sales disueltas y por tanto, está directamente relacionada con la suma de cationes o aniones que se determinen químicamente y en general, presenta una estrecha correlación con los sólidos totales disueltos. Las medidas varían dependiendo de la temperatura, por lo que se estandariza a 25°C.



Materiales

- Conductímetro.
- Patrón de calibración A (1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Patrón de calibración B (12,88 mS/cm)

Procedimiento

1. Calibrar el aparato con los patrones estándar.
2. Agitar la muestra hasta homogeneizar.
3. Tomar lectura del resultado.
4. Lavar el sensor con agua destilada.

Resultados

No se requieren cálculos, salvo que la muestra medida haya sufrido dilución previa, caso en el cual habría que multiplicar por el factor de dilución.

Observaciones

Entre cada medida, hay que limpiar el electrodo con agua desionizada; una vez terminado de utilizar el electrodo debe quedar limpio y sumergido en agua desionizada para su conservación.

Técnica T-25 Hisopados

La carga microbiana presente en la superficie a hisopar es transferida a través del hisopo a un medio enriquecido para luego efectuar la correspondiente siembra en medio selectivo para su incubación y recuento.

Materiales

- Tubos de ensayo.
- Tapones para tubos de ensayo.
- Hisopos estériles.
- Agua peptonada.
- Medio de cultivo VRBA.
- Placas de Petri.
- Balanza analítica.
- Estufa de incubación a 30 °C.



Procedimiento

1. Preparar los instrumentos y medios estériles que se necesitarán para el desarrollo del ensayo (tubos de ensayo estériles con 10 ml de agua peptonada).
2. Separar al operario que es seleccionado para el análisis y solicitar que muestre la mano en forma completamente abierta para disponerse al ensayo. El analista de laboratorio debe desinfectarse las manos con alcohol antes de cada ensayo.
3. Extraer un hisopo de su respectivo envase, retirar tapón del tubo de ensayo y embeber el hisopo en el diluyente, retirar y tapar el tubo nuevamente.
4. Frotar la superficie de la mano con el hisopo en forma horizontal y vertical de manera de cubrir la totalidad de la superficie de la mano.
5. Solicitar al operario que muestre el dorso de la mano y frotar entre medio de los dedos. Embeber nuevamente el hisopo en el tubo y realizar la misma operación con la otra mano.
6. Colocar el hisopo dentro del tubo de ensayo asépticamente, quebrando la parte superior que estuvo en contacto con el analista, y tapar. Se recomienda agitar el líquido.
7. Dejar el hisopo dentro del tubo cerrado durante un tiempo de 20 minutos.
8. Preparar espacio de siembra y destapar el tubo de ensayo al momento en que se efectúe la misma.
9. Sembrar 1 ml del agua peptonada contenida en el tubo de ensayo y agregar aproximadamente 15 ml de medio de cultivo VRBA.
10. Colocar las placas en estufa de cultivo a 30 °C durante 24 horas.
11. Extraer las placas de Petri de la estufa y efectuar la lectura de los resultados.

Resultados

El resultado del recuento de colonias se expresa como total de microorganismos por mano (o por hisopado).

$$\text{UFC Coliformes} = N \times V$$

Donde:

N: Número de colonias leídas en placa.

V: Volumen de agua peptonada contenida en el tubo de ensayo para realizar hisopado (ml).



En caso de ser necesario efectuar una dilución, su inversa deberá incluirse en la multiplicación.

$$\text{UFC Coliformes} = N \times V \times 1/\text{Dilución}.$$

ANEXO V
PLANIMETRÍA



Listado de planos

- Plano 1.** Diagrama de flujo del proceso elaboración de Clorhidrato de Glucosamina.
- Plano 2.** Ubicación de la planta de Clorhidrato de Glucosamina en el predio de la planta de producción de ácido cítrico.
- Plano 3.** Distribución de equipos en la planta de Clorhidrato de Glucosamina.
- Plano 4.** Plano de la planta de Clorhidrato de Glucosamina y sus cortes.
- Plano 5.** Plano de la planta de Clorhidrato de Glucosamina .Servicios Auxiliares. Sistema Eléctrico-Luminaria.
- Plano 6.** Plano de la planta de Clorhidrato de Glucosamina .Servicios Auxiliares. Sistema Eléctrico-Fuerza Motriz.
- Plano 7.** Plano de la planta de Clorhidrato de Glucosamina .Servicios Auxiliares. Sistema de Agua y Vapor.
- Plano 8.** Plano de Equipo. Reactor R-01.
- Plano 9.** Plano de Equipo. Purificador Primario M-01.
- Plano 10.** Plano isométrico de la planta de clorhidrato de glucosamina