



Universidad Nacional de San Juan

FACULTAD DE INGENIERIA

Departamento de Ingeniería Química

Proyecto de Instalación Industrial N° 419

Producción de Glicerina USP

Autores:

Federico Jesus Codorniu Balmaceda

Ignacio Gabriel López Gómez

Carrera:

Ingeniería Química

Ingeniería Química

Equipo de Cátedra:

Esp. Ing. Guillermo LABARONNIE

Esp. Ing. José Luis FRANCAVILLA QUINTEROS

Mes y año: Marzo de 2024

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis hermanos, Fernan y Josefina, por ser soporte en todo momento en este largo proceso y por demostrarme la importancia de la empatía. A mi padre, Fernando, por mostrarme el camino a seguir y su apoyo para lograr mis objetivos.

Les agradezco a mis compañeros de la facultad, por sus incontables ayudas para ir avanzando a lo largo de la carrera y por acompañarme en el crecimiento tanto académico como personal.

A mis amigos de toda la vida, que siempre enviaron buenas energías antes de un final, gracias por su comprensión, apoyo incondicional y por creer en mí cuando ni siquiera yo lo hacía.

Agradezco a mi compañero y amigo, Federico, por nunca dejar que bajar los brazos sea una opción. A los docentes de la carrera, quienes con su vocación pudieron transmitir los conocimientos para formarme como profesional.

Finalmente, el mayor de los agradecimientos, es para mi madre, Nancy, gracias por tu inquebrantable apoyo y por enseñarme los valores de la vida. Sin vos no podría haber llegado hasta aquí. Infinitas gracias.

Ignacio

Agradezco a mis padres, Vicente y Mabel, por apoyarme incondicionalmente durante este camino, por los valores que me han transmitido, y por brindarme las herramientas para poder formarme profesionalmente y como persona.

A mi hermano Franco, por ser un gran soporte a la distancia, gracias por tus saludos y buenas energías antes y después de cada examen.

A Anita, por creer en mí en todo momento, convencerme de que todo llega, y nunca dejar que baje los brazos, sobre todo en los momentos más difíciles.

A mi compañero de tesis y sobre todo amigo, Ignacio, por la empatía y paciencia, las risas y el apoyo incondicional en todo este camino recorrido.

Agradezco a mis amigos y compañeros de la facultad, por demostrarme la importancia del compañerismo, el trabajo en equipo y ayudarnos mutuamente para conseguir los objetivos comunes. A los profesores de la carrera, por formarnos profesionalmente y transmitirnos sus conocimientos.

Finalmente, gracias a Dios, la Medalla Milagrosa y San Cupertino, gran ayuda y acompañamiento en todo este camino.

Federico

Índice

1	CAPITULO I: MARCO DE DESARROLLO	7
1.1	INTRODUCCIÓN A LA GLICERINA USP.....	7
1.2	PLANTEO GENERAL DEL PROBLEMA	7
1.3	BIBLIOGRAFIA.....	11
2	CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO	13
2.1	INTRODUCCIÓN.....	13
2.2	DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.....	13
2.3	ANÁLISIS DE LA OFERTA. CONTEXTO ARGENTINO.....	14
2.3.1	Oferta en México. glicerina USP.....	18
2.3.2	Demanda en México. CNA.....	19
2.4	MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.....	21
2.4.1	Glicerol crudo, materia prima principal para la producción de glicerina USP.	21
2.4.2	INSUMOS.....	28
2.5	PRECIO CIF GLICERINA USP.....	30
2.6	CONCLUSIONES.....	32
2.7	BIBLIOGRAFÍA.....	32
3	POTENCIALIDAD Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.....	36
3.1	Capacidad instalada.....	36
3.2	Análisis de localización.....	36
3.3	Parque Industrial San Lorenzo	38
3.4	Terreno seleccionado para el emplazamiento del proyecto.....	41
3.5	Bibliografía:.....	42
4	CAPITULO IV: DISEÑO DE PROCESO	45
4.1	Introducción.....	45
4.1.1	Intercambio iónico	45
4.1.2	Separación por membranas.....	46
4.1.3	Destilación al vacío.....	46
4.1.4	Transporte de materias primas.....	47
4.1.5	Recepción y almacenamiento de las materias primas.....	47
4.1.6	Evaporación al vacío.....	48
4.1.7	Tratamiento del glicerol.....	48
4.1.8	Destilación al vacío.....	49

4.1.9	Desodorizado.....	50
4.1.10	Blanqueado.....	50
4.1.11	Almacenamiento, envasado y disposición final.....	50
4.2	Flowsheet del proceso.....	51
4.3	Balances de masa y energía.....	55
4.3.1	Balance de masa Recepción y Almacenamiento.....	55
4.3.2	Balance de masa Evaporador al vacío (EV-01).....	56
4.3.3	Balance de energía Evaporador al vacío (EV-01).....	58
4.3.4	Balance de masa Reactor tanque agitado (R-01).....	58
4.3.5	Balance de energía Reactor tanque agitado (R-01).....	60
4.3.6	Balance de energía Intercambiador de calor (CA-01).....	60
4.3.7	Balance de masa Columna de destilación (C-01).....	61
4.3.8	Balance de energía Columna de destilación (C-01).....	63
4.3.9	Balance de masa Columna de desodorizado (CD-01).....	64
4.3.10	Balance de energía Columna de desodorizado (CD-01).....	65
4.3.11	Balance de masa Evaporador de película fina (EV-02).....	66
4.3.12	Balance de energía Evaporador de película fina (EV-02).....	67
4.3.13	Balance de energía Intercambiador de calor (EN-01).....	68
4.3.14	Balances de masa y energía columnas de blanqueo (CB-01 y CB-02). 69	
4.3.15	Balances de masa "Unión en T".....	69
4.3.16	Balance de energía Intercambiador de calor (EN-02).....	70
4.4	Plan de producción.....	71
4.5	BIBLIOGRAFÍA.....	73
5	CAPÍTULO V: APARATOS Y EQUIPOS.....	75
5.1	INTRODUCCIÓN.....	75
5.2	TANQUES.....	75
5.2.1	Tanque de almacenamiento solución de NaOH (t-02).....	75
5.2.2	Tanque de almacenamiento de glicerol crudo (T-01).....	76
5.2.3	Tanque de almacenamiento de glicerina usp (T-03).....	77
5.2.4	Tanque agitado pretratamiento de Glicerol Crudo (R-01).....	78
5.3	Columna de destilación.....	83
5.3.1	Diseño de la columna de destilación.....	83
5.3.2	REBOILER & CONDENSER.....	102
5.4	EQUIPOS PRINCIPALES.....	103

5.4.1	EVAPORADOR AL VACÍO DE CIRCULACIÓN NATURAL (EV-01).....	103
5.4.2	COLUMNA DE DESODORIZADO (CD-01).....	104
5.4.3	EVAPORADOR DE PELÍCULA FINA (EV-02).	105
5.4.4	COLUMNAS BLANQUEADORAS (CB-01 & CB-02).	106
5.4.5	INTERCAMBIADORES DE CALOR (CA-01 & EN-01 & EN-02).....	108
5.4.6	ENVASADORA DE BARRILES (E-01).....	108
5.4.7	BOMBAS DE PROCESO (desde B-01 hasta B-12)	109
5.4.8	TUBERÍAS.....	111
5.5	PRECIO FINAL	111
5.6	BIBLIOGRAFÍA.....	113
6	CAPÍTULO VII: AUTOMATIZACION Y CONTROL.....	115
6.1	Introducción.	115
6.2	Sensores de nivel.....	115
6.2.1	Sensores de nivel de agua.....	115
6.2.2	Sensores de nivel de glicerol y de NaOH al 50%	116
6.2.3	Manómetros de baja presión.....	116
6.2.4	Manómetros de acero inoxidable.	117
6.3	Sensores de temperatura.....	118
6.4	Controles de calidad	119
6.4.1	Controles de calidad de materia prima.....	119
6.5	Sistema de control de los equipos diseñados	124
6.5.1	Sistema de control del tanque de neutralización.....	124
6.5.2	Sistema de control de la columna de destilación.....	130
6.6	BIBLIOGRAFÍA.....	133
7	HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	136
7.1	Elementos de protección personal (EPP).	136
7.1.1	Cabeza.	136
7.1.2	Ojos.....	137
7.1.3	Boca/Nariz.....	138
7.1.4	Manos.	138
7.1.5	Oídos.	140
7.1.6	Ropa de seguridad.....	140
7.1.7	Calzado de seguridad.	141
7.1.8	Tabla resumen EPP.....	142
7.2	Seguridad, equipos e instalación industrial.	142

7.2.1	Señalización.....	142
7.2.2	Ducha de seguridad con lavador de ojos.....	143
7.2.3	Botiquín de primeros auxilios.....	144
7.2.4	Tabla resumen equipos de seguridad.....	145
7.2.5	Capacitación y seguridad industrial.....	145
7.2.6	Riesgo de incendio.....	146
7.2.7	Carga de fuego y Resistencia al fuego.....	147
7.2.8	Condiciones de situación, de construcción y de extinción.	149
7.2.9	Extintores.....	151
7.2.10	Red contra incendio.....	153
7.2.11	Bomba contra incendio.....	154
7.2.12	Cisterna de agua.....	156
7.3	Aspectos legales y regulatorios.....	158
7.3.1	Gestión y normas de calidad.....	158
7.3.2	Medioambiente.....	159
7.4	Bibliografía.....	160
8	Capítulo VIII: Instalaciones complementarias y servicios auxiliares.....	163
8.1	Agua.....	163
8.1.1	Tratamiento para el agua de proceso. Ablandador de agua.....	164
8.1.2	Adopción de tanques de almacenamiento de agua.....	165
8.1.3	Agua de enfriamiento.....	169
8.1.4	Bombas.....	170
8.1.5	Tarifa de Agua.	172
8.1.6	Dimensiones de las tuberías de distribución de vapor y retorno de condensados.	172
8.1.7	Adopción de la Caldera de Vapor (H-01).....	174
8.2	Gas natural.	176
8.2.1	Tarifa Gas Natural.	178
8.3	Energía eléctrica.....	178
8.3.1	Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la planta. 179	
8.3.2	Sistema de limpieza.....	181
8.3.3	Consumo de energía eléctrica de los equipos.....	182
8.3.4	Tarifas energía eléctrica.....	183
8.4	Tabla resumen equipos e instalaciones complementarias.....	184

8.5	BIBLIOGRAFIA.....	185
9	CAPÍTULO IX: DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	188
9.1	SECTORES DE LA PLANTA.....	188
9.1.1	SECTOR DE PRODUCCIÓN.....	189
9.1.2	DEPÓSITO DE INSUMOS.....	189
9.1.3	TANQUES DE AGUA Y EQUIPO DE ENFRIAMIENTO.....	189
9.1.4	DEPÓSITO DE PRODUCTO TERMINADO.....	189
9.1.5	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.....	190
9.1.6	ADMINISTRACIÓN.....	190
9.1.7	VESTUARIO PLANTA.....	190
9.1.8	SALA DE CALDERA.....	191
9.1.9	TALLER DE MANTENIMIENTO.....	191
9.1.10	GARITA DE SEGURIDAD.....	191
9.1.11	ESTACIONAMIENTO.....	191
9.1.12	ESPACIO PARA CIRCULACIÓN DE CAMIONES.....	191
9.2	MÉTODO SLP.....	192
9.3	PLANO GENERAL DE LA PLANTA.....	193
9.4	BIBLIOGRAFÍA.....	194
10	CAPÍTULO X: ORGANIZACIÓN.....	196
10.1	Tipo de empresa.....	196
10.2	Organigrama funcional de la empresa.....	196
10.3	Descripción de puestos de trabajos.....	197
10.3.1	Gerente general.....	197
10.3.2	Jefe de producción y mantenimiento.....	198
10.3.3	Supervisor de mantenimiento, calidad y seguridad industrial.....	199
10.3.4	Supervisor de producción.....	200
10.3.5	Operario de producción.....	200
10.3.6	Analista de calidad.....	201
10.3.7	Operario de mantenimiento.....	201
10.3.8	Técnico de higiene y seguridad.....	202
10.3.9	Auto elevadoristas.....	202
10.3.10	Personal de limpieza.....	202
10.3.11	Encargado de recursos humanos.....	203
10.3.12	Encargado de comercialización y administración.....	203
10.4	Turnos de trabajo y escala salarial.....	204

10.5	Bibliografía	206
11	CAPÍTULO XI: ESTUDIO ECONÓMICO	209
11.1	Activos fijos	209
11.1.1	Costo del terreno	209
11.1.2	Costo de Obras Civiles	209
11.1.3	Máquinas y equipos	211
11.1.4	Muebles y útiles.....	214
11.1.5	Higiene y Seguridad – Limpieza de equipos.	215
11.1.6	Resumen de Inversiones de Activos Fijos	216
11.2	Activos de trabajo	216
11.2.1	Stock de insumos	216
11.2.2	Disponible Bancario.....	217
11.2.3	Total de Inversiones en Activos de Trabajo.....	217
11.3	Total Inversiones del proyecto.....	218
11.3.1	Costos Indirectos	218
11.3.2	Costos Directos	220
11.4	Financiación y costos de la financiación	221
11.5	Punto de Equilibrio.....	223
11.6	Bibliografía	223
12	CAPÍTULO XII: EVALUACIÓN ECONÓMICA.	225
12.1	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	225
12.2	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	225
12.3	PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	226
12.4	RENTABILIDAD SOBRE LAS INVERSIONES.	226
12.5	CONCLUSIÓN.....	226
12.6	BIBLIOGRAFÍA	227

RESUMEN

Objetivo

La finalidad de este proyecto de instalación industrial es diseñar una planta de producción de Glicerina USP, dándole un valor agregado a un subproducto de la industria del biodiésel, el glicerol crudo. Ya que, en nuestro país, Argentina, se encuentra cubierto el mercado interno en este producto, se cubrirá parte de la demanda insatisfecha de México, uno de los principales importadores a nivel global de Glicerina USP.

Palabras claves

"Glicerina USP", "Calidad", "Purificación".

Producción

La capacidad de la planta será de una producción anual de 7.000 Tn, comercializados en barriles de 250 kg cada uno, lo que equivale a 28.000 barriles anuales.

Localización

La planta se localizará en la provincia de Santa Fe, más precisamente en la localidad de San Lorenzo, lugar desde donde se distribuirá el producto hacia el Puerto de Rosario, provincia de Santa Fe.

El terreno está ubicado en el parque industrial de San Lorenzo, con una superficie total de 5.000 m².

Inversión

Para la realización de este proyecto se requiere una inversión de:

Inversión total de capital	Costos (USD)
Activo fijo	2.363.900
Activo de trabajo	2.580.025
Total (U\$S)	4.944.000

COMERCIALIZACION

El costo total de producción es de U\$D 3.299.298

Se comercializará en México a precio de 637 U\$D la tonelada en barriles de 0,25 toneladas, es decir, 160 U\$D el barril.

FINANCIACIÓN

El 60% del capital total necesario (U\$D 2.944.000) será aportado mediante fondos de empresas accionistas y socios del gerente. El resto del capital de inversión, que representa el 40% del total necesario (U\$D 2.000.000), será financiado por el BID mediante un préstamo solicitado al mismo, con una tasa de interés en dólares del 6,6 % sobre el saldo deudor a devolver en 8 años. La devolución del mismo es mediante el pago de cuotas trimestrales, contemplando un período de gracia de 2 años (8 cuotas trimestrales).

Rentabilidad

- Ingresos por venta anuales: U\$D 4.472.377
- VAN: U\$D 2.179.000
- TIR: 13%
- Tiempo de Recupero de la inversión: 8 años y 8 meses.

ABSTRACT

AIM

The purpose of this industrial installation project is to design a USP Glycerin production plant, adding value to a by-product of the biodiesel industry, crude glycerol. Since in our country, Argentina, the domestic market is covered in this product, the aim is to cover part of the unsatisfied demand in Mexico, one of the main global importers of Glycerin USP.

KEY WORDS

"USP Glycerin", "Quality", "Purification".

PRODUCTION

The plant's capacity will be an annual production of 7.000 tons, sold in barrels of 250 kg each, which is equivalent to 28.000 barrels per year.

LOCATION

The plant will be located in the province of Santa Fe, more precisely in the town of San Lorenzo, a place from where the product will be distributed to the Port of Rosario, province of Santa Fe.

The land is located in the San Lorenzo industrial park, with a total area of 5.000 m².

INVESTMENTS

To carry out this project, the necessary investment will be:

TOTAL CAPITAL INVESTMENTS	Cost (U\$D)
Fixing Assets	2.363.900
Working Assets	2.580.025
Total (U\$D)	4.944.000

COMMERCIALIZATION

The total production cost is U\$D 3.299.298

It will be commercialized in Mexico for 637 U\$D per ton in 0,25 ton barrels, that is, 160 U\$D per barrel.

FUNDING

60% of the total necessary capital (U\$D 2.944.000) will be contributed through funds from shareholder companies and partners of the manager. The rest of the investment capital, which represents 40% of the total needed (U\$D 2.000.000), will be financed by the IDB through a loan, with an interest rate in dollars of 6,6% on the debtor balance to be repaid in 8 years. Its repayment is through the payment of quarterly installments, contemplating a grace period of 2 years (8 quarterly installments).

RENTABILITY

- Annual sales revenue: U\$D 4.472.377
- Net Present Value:
 - U\$D 2.179.000
- Internal Rate of Return: 13%
- Investment recovery period: 8 years y 8 months.



CAPITULO I

MARCO DE **DESARROLLO**

1 CAPITULO I: MARCO DE DESARROLLO

1.1 INTRODUCCIÓN A LA GLICERINA USP

El glicerol es un compuesto químico básico obtenido principalmente como coproducto en la industria oleoquímica, es un trialcohol que posee dos grupos hidroxilos primarios y uno secundario (figura 1.1), los cuales ofrecen diferentes posibilidades de reacción y convierten al glicerol en una sustancia muy versátil.

Fórmula química. $C_3H_8O_3$

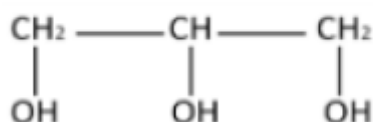


Fig 1.1 Fórmula química del glicerol.

Además, posee propiedades químicas y físicas únicas que originan más de 1500 aplicaciones entre las que se destacan su uso como humectante, plastificante, emoliente, espesante, disolvente, medio de dispersión, lubricante, edulcorante y anticongelante. Se denomina glicerina al nombre comercial que reciben las mezclas con alto contenido de glicerol. Naturalmente, el glicerol se presenta de forma combinada como triglicéridos en todas las grasas animales y aceites vegetales; esto es, constituye en promedio alrededor del 10% de estos materiales (1) componente se obtiene a partir de las grasas y aceites durante la producción de ácidos grasos y jabón, así como en los procesos de transesterificación con alcoholes, por medio de los cuales se produce biodiésel. Siendo este último proceso, la principal vía por la cual se obtiene glicerol (subproducto de la industria del biodiesel).

1.2 PLANTEO GENERAL DEL PROBLEMA

En un contexto global de reservas de petróleo acotadas y de una creciente demanda por parte de las distintas comunidades por disminuir los serios problemas de contaminación ambiental asociados al uso de los derivados del petróleo, en los últimos años se ha intensificado la búsqueda y desarrollo

de fuentes de provisión de combustibles de tipo renovable que permitan reemplazarlos de manera gradual y dar cumplimiento a las estrictas regulaciones ambientales impuestas en la mayoría de los países.

En la evolución hacia un escenario energético futuro, los biocombustibles están tomando y tomarán una gran relevancia dentro de las ofertas energéticas, cuyo papel preponderante será reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la eficiencia energética y asegurar el suministro energético. Ante esta perspectiva surge el biodiesel como biocombustible alternativo. El biodiesel es un combustible alternativo para motores diésel que se obtiene principalmente por una reacción de transesterificación de un triacilglicérido (presente en aceites vegetales de soja, maíz, maní entre otros) con un alcohol (generalmente metanol) (Figura 1.2). Como producto secundario de la reacción de transesterificación se obtiene glicerol (o glicerina), en aproximadamente un 10% de la cantidad de aceite utilizado (2).

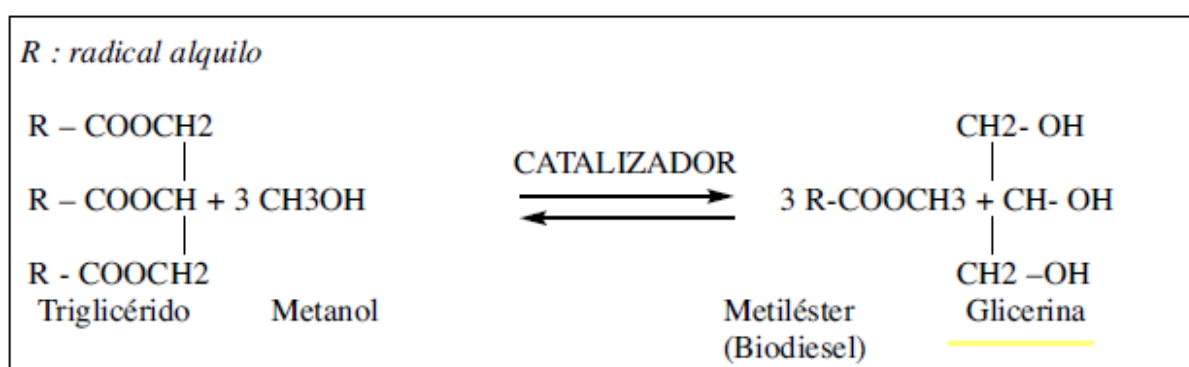


Figura 1.2 Esquema de la reacción de transesterificación para la obtención de Biodiesel.

Este glicerol crudo obtenido, se presenta muy impuro, conteniendo entre un 50-80% glicerol, agua, metanol, restos de catalizador, sales inorgánicas, materia orgánica no glicerínosa (MONG), jabones, ácidos grasos libres, residuos de materias primas y metil ésteres (3). En la Tabla 1.2 se puede observar la composición y algunos parámetros del glicerol crudo.

Tabla 1.1 Composición y parámetros del glicerol crudo.

Contenido de glicerol (% peso)	50-80
Cenizas(% peso)	5 (máx.)

Agua(% peso)	12.5 (máx.)
Metanol(% peso)	0.5 (máx.)
*MONG(% peso)	2 (máx.)
pH	6-8
Color (APHA)	Oscuro

Fuente: Ullman, F. (4). *MONG: Materia Orgánica No Glicerínosa.

El glicerol crudo posee varias aplicaciones como aditivo o suplemento para la alimentación animal (5), sin embargo, debido a su alto contenido de impurezas, tiene un valor muy bajo en el mercado. La creciente producción de biodiesel debido a la necesidad de contar con fuentes de energía alternativas, limpias y renovables trae aparejada también una gran producción de glicerol crudo.

Este proyecto busca darle un valor agregado a este subproducto de la industria del biodiesel y se demostrará que una de las alternativas más factibles para lograrlo es, mediante su refinación en glicerina grado USP.

La Argentina presenta un gran interés tanto en asegurar la provisión de combustible para su crecimiento económico como en contribuir a la conservación de los recursos naturales y mejora del medio ambiente. Adicionalmente, nuestro país, tiene ventajas comparativas para el desarrollo de fuentes alternativas de energía provenientes de productos agrícolas, como el biodiesel y bioetanol, ya que es altamente competitiva en la producción de soja y maíz y sus derivados, su industria oleaginosa es altamente eficiente y su mercado de combustibles tiene una dimensión significativa, lo que abre oportunidades para la participación de los biocombustibles.

En nuestro país, a partir de Abril del 2006, rige la ley N°26093 “Plan de promoción de la producción y uso sostenible de los biocombustibles”, que constituye la base del marco regulatorio de los biocombustibles, resultando aplicable a las actividades de producción, mezcla, distribución, comercialización, consumo, y autoconsumo de biocombustibles. Su ámbito de aplicación, comprende al bioetanol y al biodiesel, producidos a partir de materias primas de origen agropecuario o agroindustrial (producidos en Argentina principalmente a base de caña de azúcar y de aceite de soja, respectivamente), y al biogás, generado a partir de desechos orgánicos, en

ambos casos en la medida en que cumplan con los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.

Esta ley establecía que para el año 2010 la mezcla de biocombustibles con combustibles fósiles debía ser del 5% de biodiesel en el diésel y 5% de bioetanol en la gasolina. Esto también se expresó en el Artículo 13 del Decreto Reglamentario 109/07, identificándolos como B5 (combustibles con 5% de biodiesel) y E5 (combustibles con 5% de bioetanol). Luego, en julio de 2010 se estableció la Resolución 554/2010, donde hubo un incremento en el corte de biodiesel a los combustibles fósiles del 7%, fundamentando este aumento por la capacidad de producción de las empresas elaboradoras de biodiesel, que podían ofertar las cantidades de producto necesarias a los efectos de un aumento en el porcentaje actual en el mercado interno (6). En el año 2014 se volvió a incrementar el corte obligatorio del gasoil automotor con biodiesel, del 7% al 10%, y se estableció la obligatoriedad del corte para las usinas termoeléctricas, también al 10% (7). Actualmente, se evalúa la posibilidad de aumentar el corte obligatorio del gasoil del 10% al 15% y llevarlo posteriormente hasta el 20% y, por otra parte, avanzar en la intensificación del uso de biodiesel en los equipos de transporte y de generación eléctrica existentes.

Se debe tener en cuenta que el permanente crecimiento en la industria del biodiesel, también produce un aumento en la oferta de glicerina cruda. Como se mencionó anteriormente, dicha glicerina es un compuesto con importante utilidad y aplicabilidad industrial, y además posee un precio bajo en el mercado debido al incremento significativo en la producción de biodiesel. Sin embargo, este proyecto busca demostrar que, mediante una purificación de la misma, hasta alcanzar un grado USP (99,7 % pureza), se convierte en una materia prima valorizable, de mayor versatilidad y atractiva para su transformación hacia diferentes compuestos, diversificando aún más las posibles utilidades en la industria (8).

La glicerina USP producida en nuestro país se comercializará en México, buscando además de fortalecer la ya estrecha relación comercial Argentina-México, sacar un mayor rédito económico que el que se tendría vendiendo este producto nacionalmente. Además, México es netamente importador de glicerina USP debido a que no existen refinerías industriales de dicho producto en este país.

1.3 BIBLIOGRAFIA

- (1) Pagliaro. Properties, Applications, History, and Market (2017). En M. Pagliaro, Glycerol: The Renewable Platform Chemical.
- (2) Johnson, D. y Taconi, K (2007). The glycerin glut: options for the value-added conversion of crude glycerol resulting from biodiesel production. Enviromental Progress.
- (3) Ferrero, A., M. Rosa, I. & Veneciano, E. (2010). Proceso de purificación de la glicerina obtenida del biodiesel a pequeña escala, Villa María, Córdoba.
SRS Engineering Corporation (2008). Obtenido de <http://www.srsengineering.com/>
ANMAT. (s.f.). Glicerina.
- (4) Ullman, F. (2003). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH.
- (5) Groesbeck, C. N. et al. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. J Anim Sci.
- (6) Morales, W. G. (2012). Tesis Doctoral: Obtención de Biodiesel con Catalizadores Sólidos Ácidos o Superácidos, Córdoba: Universidad Tecnológica Nacional.
- (7) Cámara Argentina de Energías Renovables, informe anuario 2017: <https://www.cader.org.ar/informe-anuario-2017-documento-de-analisis-del-mercado-de-las-energias-renovables/>
- (8) Fernandez, I. R., Antúnez, C. A., & Marique Aznar, M. E. (2017). Argentina: exportación de glicerina cruda.



CAPITULO II

ESTUDIO DE **MERCADO**

2 CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO

2.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se lleva a cabo el estudio de mercado para la producción de glicerina grado USP, la cual surge a partir de la necesidad de adicionar valor agregado a un producto abundante y poco versátil como lo es el glicerol crudo.

El producto terminado se exportará a México, el cual además de ser un gran socio económico de nuestro país, presenta una demanda insatisfecha creciente en glicerina USP.

2.2 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.

La glicerina USP al ser utilizada como materia prima, principalmente por las industrias alimenticias y farmacéuticas debe estar regulada. En México, el organismo regulador es el COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) quien mediante las Normativas Oficiales Mexicanas (NOM) busca proteger a la población contra riesgos provocados por el uso y consumo de bienes, servicios e insumos para la salud. [1]

La NOM-018-STPS-2000 "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo" es la encargada de dictaminar los parámetros a cumplir de las sustancias químicas. (COFEPRIS. Secretaría de trabajo y previsión social).

Las especificaciones reguladas por la COFEPRIS que debe cumplir la glicerina USP se presentan en la siguiente tabla, cuyos datos fueron sacados de una distribuidora de productos químicos en México, Glinsa, la cual cumple con la NOM-018-STPS-2000.

Tabla 2.1 Especificaciones glicerina USP [3].

Especificaciones	Datos
Descripción	Líquido cristalino con aspecto a jarabe y sabor dulce
Fórmula molecular	$C_3H_5(OH)_3$
Peso molecular	92,09 g/mol
Número CAS	56-81-5
Color	Transparente
Apariencia	Líquido espeso, claro

Olor	Suave, característico
pH	5-6.5
Densidad a 25°C	1.25802 g/cm ³
Viscosidad a 20°C	1410 cP
Punto de fusión	17 °C
Punto de ebullición	290 °C
Pureza	99.5-101%
Residuo por ignición	0.015% máx
Humedad Karl Fisher	5% máx
Solubilidad	En agua y alcohol. No soluble en éter
Cloruros	0.001% máx
Sulfatos	0.002% máx
Ésteres y ácidos grasos	1.0% máx
Compuestos clorados	0.003% máx
Gravedad específica	>1.249

2.3 ANÁLISIS DE LA OFERTA. CONTEXTO ARGENTINO.

En la actualidad, Argentina cuenta con 4 empresas que se dedican a la producción de glicerina grado USP. A continuación, se describe brevemente cada una de ellas:

- **Glycopharma S.A.:** Start up argentina dedicada al agregado de valor de la glicerina cruda proveniente de la explotación del biodiesel convencional con origen en aceite de soja. El complejo industrial se encuentra estratégicamente emplazado continuo a la planta Bio Nogoyá, Entre Ríos [4]. La empresa abrió sus puertas en 2018 y produce 1600 tn/mes de glicerina USP, exportando el 95% de la misma a destinos como Rusia, Austria, China y Estados Unidos [5].
- **Terminal 6 S.A.:** empresa ubicada en Puerto General San Martín, en la Ribera del Río Paraná, Santa Fe. En T6 Industrial S.A. tiene lugar la molienda de soja y la producción de biodiesel y glicerina USP para consumo interno y de exportación. En el 2009, la planta de glicerina USP comenzó su producción con calidad grado USP y tiene una capacidad de producción de 40000 tn/año [6].
- **Bojagro S.A.:** complejo industrial, ubicado estratégicamente, en el corredor industrial Rosario – La Plata, en el parque industrial Comirsa

de la ciudad de Ramallo, de la provincia de Buenos Aires. A 210 kilómetros por ruta de Capital Federal y a 70 Kilómetros de Rosario. BOJAGRO S.A nace como resultado de la integración vertical en la cadena de valor de las capacidades productivas del Grupo Bahía Energía, conformado por capitales argentinos. Se dedican al agregado de valor de la glicerina cruda, proveniente de la explotación del biodiesel convencional con origen en aceite de soja [7]. Abrió sus puertas en 2020 y en los primeros 6 meses produjeron 12000 toneladas exportando más del 95% a mercados como China, México, Estados Unidos, Sudáfrica, India y Costa de Marfil [8]. La fábrica tiene una capacidad total de 50.000 toneladas.

- **Renova:** es un proyecto conjunto formado en el año 2007 por Oleaginosa Moreno Hnos. S.A., perteneciente a Glencore Agriculture Limited (GAL) y Vicentin S.A.I.C. La planta Renova ubicada en San Lorenzo, Santa Fe es una de las plantas de mayor capacidad y una de las precursoras y de mayor producción de biodiesel en la Argentina[9]. Del subproducto de esta producción, genera, transforma y produce glicerina farmacopea, de excelente calidad certificada internacionalmente, la cual se exporta en su mayoría. Renova cuenta con dos plantas refinadoras de glicerina, una con una capacidad de producción de 120 tn/día y la otra de 150 tn/día. [10].

En la tabla 2.2 se expresa la capacidad de producción de glicerina USP de las plantas mencionadas anteriormente.

Tabla 2.2. Producción de glicerina USP en toneladas a nivel nacional. [11]

EMPRESA AÑO	RENOVA	TERMINAL 6	GLYCOPHARMA	BOJAGRO	TOTAL
2017	9.0000	35.000	0	0	125.000
2018	9.0000	35.000	18.000	0	143.000
2019	9.0000	35.000	18.000	0	143.000
2020	9.0000	35.000	18.000	12.000	155.000
2021	9.0000	35.000	18.000	27.000	170.000

En la siguiente figura (figura 2.1), se muestra como las importaciones de glicerina USP han ido disminuyendo en la última década. Esto fue impulsado principalmente por el aumento sostenido de la producción local, lo cual generó una importante sustitución de las importaciones, principalmente favorecido por la diferencia de precios entre el producto local y el importado.

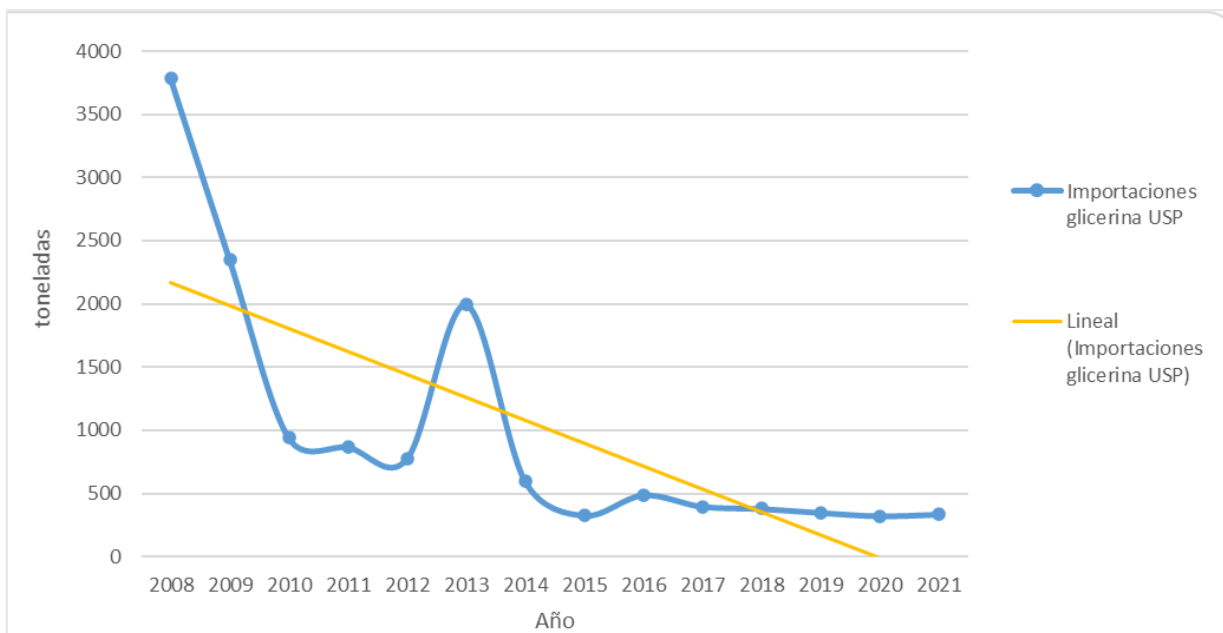


Figura 2.1: Importaciones de glicerina USP en toneladas desde el año 2008 al 2021.
[12]

Respecto a las exportaciones de glicerina USP en nuestro país, podemos ver en la figura 2.2 cómo han ido en aumento en los últimos años.

Este aumento se debe a diversas razones, entre ellas, la disminución del precio de la principal materia prima (glicerol crudo) producto del aumento sostenido de la producción de biodiesel, del cual el glicerol crudo es el principal subproducto. Otra de las principales razones es la creciente demanda de productos cosméticos y de higiene personal, productos farmacéuticos, alimentos, bebidas y nuevos usos de la glicerina USP.

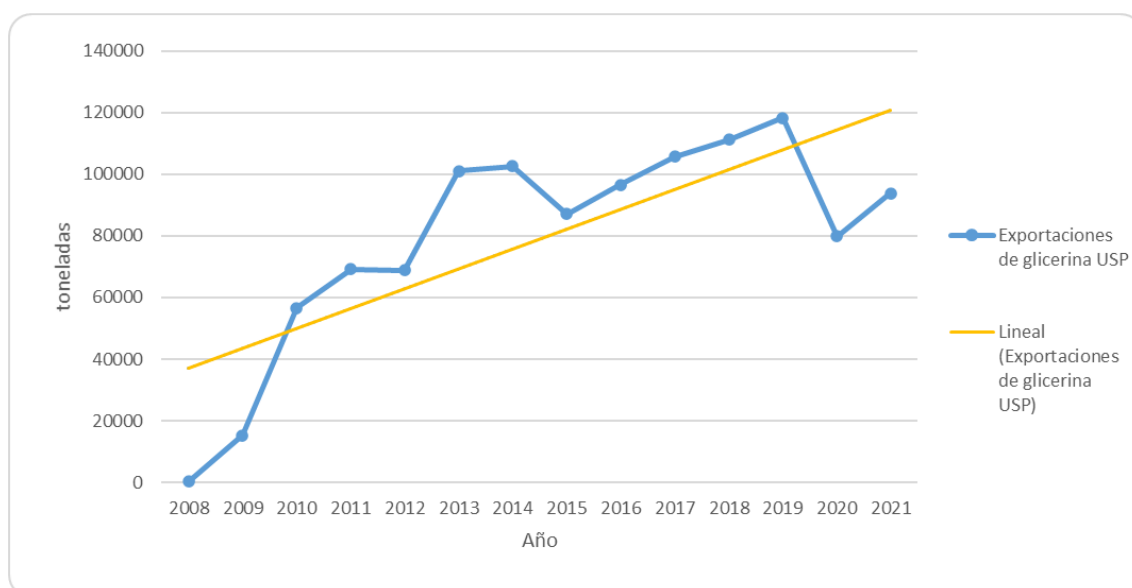


Figura 2.2: Exportaciones en toneladas de glicerina USP desde el año 2008 al 2021.
[13]

Si bien existe el mercado interno de la glicerina USP, Argentina es un país netamente exportador de este producto, principalmente por 2 razones. La primera razón es que las empresas obtienen mayores ganancias exportando la glicerina USP en lugar de venderla en el mercado interno, es por esto que empresas como Glycopharma S.A y Bojagro exportan el 95% de su producción (BiodieselArgentina). La segunda razón es que la demanda mundial de glicerina USP se encuentra en alza, mercados muy importantes como el estadounidense y el mexicano demandan grandes cantidades de este producto, gracias a su versatilidad y a sus más de 1500 aplicaciones.

Dicho esto, nuestro proyecto buscará exportar el producto terminado. Para elegir el destino del mismo, se analizarán en el siguiente apartado, los mercados a los cuales Argentina exporta glicerina USP con el fin de encontrar el más conveniente para el proyecto en cuestión.

POTENCIALES COMPRADORES. ELECCIÓN DE MÉXICO.

Para poder llevar a cabo un análisis de los potenciales compradores de glicerina USP, se hizo una revisión de los informes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) de la nación con el fin de, primero conocer aquellos países con los cuales Argentina mantiene relaciones comerciales y segundo, para saber cuál es el cliente que más demanda este producto.

Gracias al gráfico 2.3 podemos observar que México es el país que más toneladas de glicerina USP ha demandado de Argentina en los últimos 4 años (se debe aclarar que la categoría *Otros*, está conformada por varios países los cuáles el INDEC los categoriza como *Confidenciales* preservando el secreto estadístico).

Tabla 2.3 Toneladas de glicerina USP exportada desde Argentina hacia distintos países [14].

		Toneladas Exportadas					
		Chile	México	China	Brasil	Sudáfrica	Otros
AÑO	2019	973	30.889	5.441	497	300	80.100
	2020	943	23.884	11.108	884	621	42.349
	2021	2.200	30.181	27.796	957	2.142	9.761
	2022	1.800	40.882	10.369	731	1.482	44.065

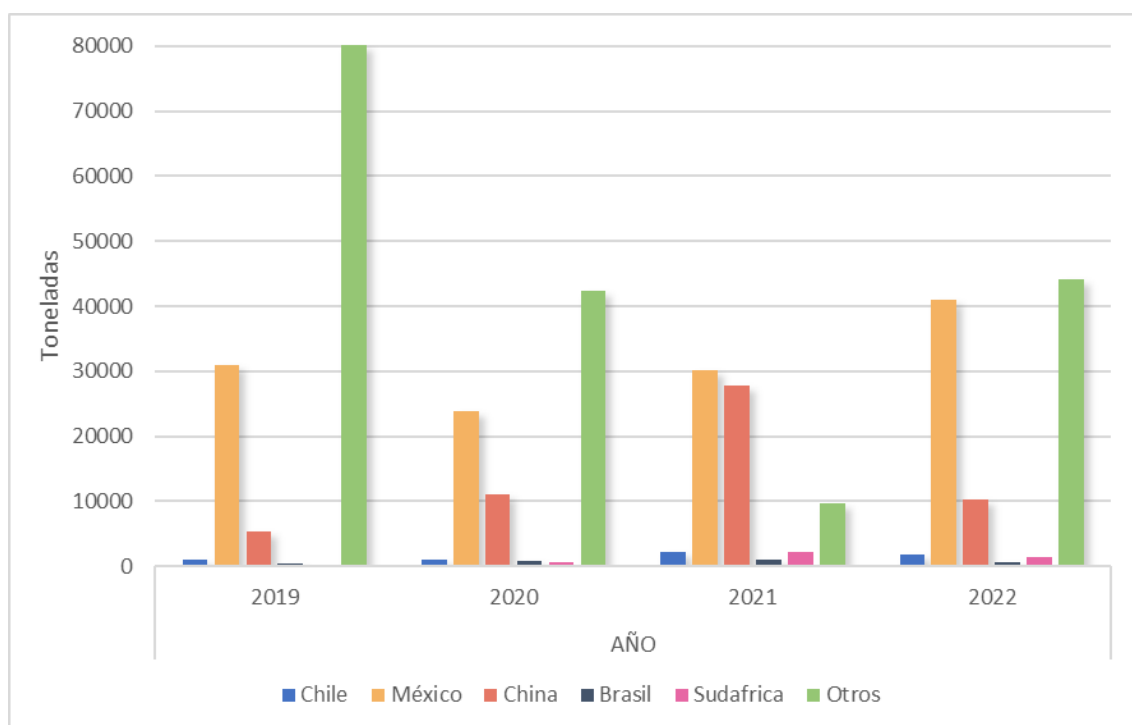


Gráfico 2.3. Toneladas de glicerina refinada USP exportada desde Argentina hacia distintos países [14].

Sin dudas México se posiciona como un gran socio y comprador de Glicerina USP en Argentina por lo que se procede a analizar oferta y demanda de este producto en dicho país.

2.3.1 Oferta en México. glicerina USP.

Para el análisis de la oferta, se debe tener en cuenta que no existe en la actualidad una planta productora de glicerina USP en México. Es decir que la producción nacional de este producto es nula. Si existen proveedores y distribuidores de glicerina USP como lo es el grupo Pochteca (Pochteca, México), los cuales la obtienen mediante importaciones.

Se encuentran en fase de investigación algunos proyectos para revalorizar este subproducto de la industria del biodiesel ya que se ha detectado que hay una gran oportunidad de negocio en la refinación de glicerol crudo. Visa Biofuels es una start up mexicana que está creando tecnología para purificar la glicerina, sin embargo, aún no producen a escala industrial (ViselBiofuels, milenio).

Por otra parte, el Instituto Mexicano del Petróleo, desde 2016, se encuentra en un proyecto para transformar la glicerina de baja pureza en glicerina USP, un producto químico de alto valor agregado para las industrias químicas y petroquímicas. (Instituto Mexicano del Petróleo).

2.3.2 Demanda en México. CNA.

La glicerina USP es demandada por la industria cosmética ya que es un compuesto no tóxico, con propiedades humectantes y suavizantes. Es utilizado como lubricantes en maquinaria de la industria alimentaria, por su inocuidad y también es utilizado como ingrediente en la formulación de alimentos procesados como emulsionante. Es demandada también por la industria petrolera como lubricante en maquinaria ya que no se disuelve en los líquidos resultantes. La industria farmacéutica demanda glicerina USP para utilizarla como excipiente en la formulación de jarabes y cápsulas.

Los factores claves que impulsan el crecimiento del mercado incluyen la creciente demanda de productos cosméticos y de higiene personal, productos farmacéuticos, alimentos y bebidas.

Para el cálculo del consumo nacional aparente (CNA) en México, se debe tener en cuenta lo dicho anteriormente sobre la nula producción nacional de glicerina USP. Dicho esto, el CNA se calcula como importaciones menos exportaciones.

Tabla 2.4. Exportaciones, importaciones y CNA de glicerina USP en México en toneladas [12] [19].

Año	Exportación(tn)	Importación(tn)	Producción (tn)	CNA(tn)
2017	68	55.720	0	55.652
2018	466	70.021	0	69.555
2019	488	80.440	0	79.952
2020	514	65.079	0	64.566
2021	672	66.332	0	65.660

A raíz de los datos obtenidos del CNA de glicerina USP en México, se calcula la proyección de la demanda en los próximos 10 años, y se observa (figura 2.4) que dicho valor va en aumento hasta alcanzar aproximadamente una demanda de 85.000 Tn para el año 2031, el cual es un indicador positivo y justifica la elección de dicho país como potencial cliente.

Tabla 2.5. CNA de glicerina USP en México proyectado hasta el 2031.

DATOS ESTIMADOS CNA (Tn)	Año
64.072	2017
65.574	2018
67.077	2019
68.580	2020
70.082	2021
71.585	2022
73.087	2023
74.590	2024
76.093	2025
77.595	2026
79.098	2027
80.600	2028
82.103	2029
83.606	2030
85.108	2031

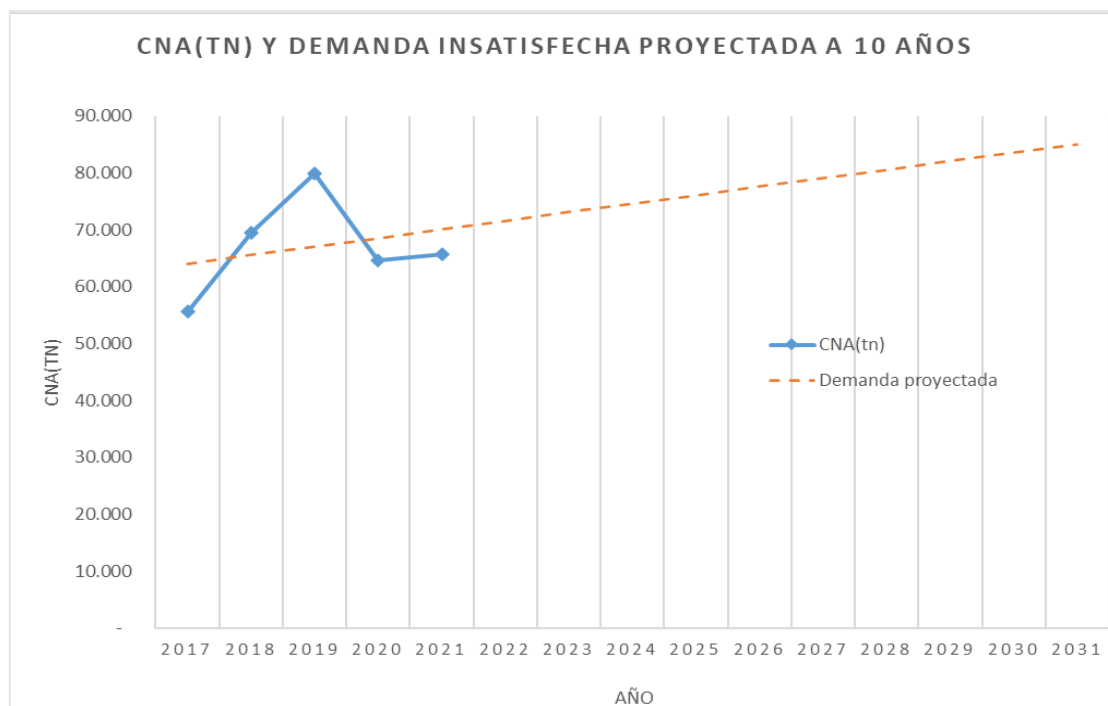


Figura 2.4 Consumo Nacional Aparente de México proyectado a 10 años.

2.4 MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.

2.4.1 Glicerol crudo, materia prima principal para la producción de glicerina USP.

La materia prima principal para la obtención de glicerina USP es el glicerol crudo, subproducto del proceso de obtención de biodiesel. Este compuesto se obtiene principalmente gracias a la reacción de transesterificación de aceites y grasas (triglicéridos) en la que se busca obtener biodiesel como producto principal. Es por esto que debemos considerar en primera instancia el mercado del biodiesel.

2.4.1.1 Biodiesel en Argentina.

A continuación, se hace un rápido análisis del mercado del biodiesel en Argentina ya que la empresa estará emplazada en este país, como lo veremos en el capítulo siguiente.

En la Argentina, el biodiesel es producido exclusivamente a partir del cultivo de soja como materia prima. En rigor, el principal insumo en la fabricación de este biocombustible en el país es el aceite de soja. Varios factores contribuyeron a su rápido crecimiento. En primer lugar, impulsada por el competitivo complejo oleaginoso, la producción de biodiesel atrajo

importantes inversiones nacionales y extranjeras tendientes a incorporar un nuevo eslabón en la cadena productiva. En segundo lugar, su desarrollo inicial fue motivado por una demanda internacional creciente desde mediados de la primera década de los años 2000. En efecto varios países, tanto desarrollados como en desarrollo, establecieron políticas que comenzaron a exigir la mezcla de biocombustibles con combustibles fósiles, en un contexto de altos precios del petróleo hasta 2008, de reemplazo de aditivos y de mayor peso por las preocupaciones por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En tercer lugar, beneficios impositivos favorecieron la creación de este nuevo eslabón en la cadena oleaginosa durante su etapa de despegue, complementando los derivados de la Ley de promoción, orientada fundamentalmente a construir las bases de un mercado interno de biocombustibles.

Argentina es el segundo mayor productor de biodiesel de la región de Latinoamérica, detrás de Brasil, produciendo alrededor de 2 millones de toneladas anuales promedio en los últimos 10 años. En la actualidad existen 36 plantas que producen este tipo de combustible en el país. La mayoría de las plantas se encuentran localizadas en la provincia de Santa Fe. El motivo de la gran radicación en esta provincia tiene que ver con la disponibilidad y cercanía de la materia prima, la existencia de mano de obra capacitada, un ecosistema de empresas que permiten generar y aprovechar sinergias entre ellas y una red de puertos que permiten una excelente conectividad con el resto del mundo. (Ministerio de Agronomía, Ganadería y Pesca. MAGyP, Biodiesel).

En la tabla 2.7 se indican las plantas industriales productoras de biodiesel en Argentina.

Tabla 2.6 Empresas argentinas productoras de biodiesel [20]

PROVINCIA	LOCALIDAD	EMPRESA
SANTA FE	San Lorenzo	Aceite General Deheza S.A.
		Establecimiento El Albardón S.A.
		Renova S.A.
		T6 Industrial S.A.
		Unitec Bio S.A.
		Explora S.A.

		Patagonia Bioenergía S.A
		Oleaginosa Moreno S.A.
		Bunge S.A
	Calchaquí	Bh Biocombustibles S.R.L.
	Rosario	Cargill S.A.
		Molinos Agro S.A.
	Arroyo Seco	Cremer Y Asociados S.A.
		Latinbio S.A.
	Alvear	Diferoil S.A.
	San Pereira	Doble L Bioenergías S.A.
	San Martin	Energías Renovables Argentina S.A.
	Roldan	Rosario Bioenergy S.A.
BUENOS AIRES	Pilar	Soy Energy S.A.
		Advanced Organic Materials S.A.
	Saladillo	Agro M Y G S.A.
	Daireaux	Aripar S.A.
	Ramallo	Refinar Bio S.A.
		Bio Ramallo S.A.
	Bahía Blanca	Biobahía S.A.
	Junín	Biobin S.A.
ENTRE RÍOS	Villaguay	New Fuel S.A.
	Nogoyá	Bio Nogoyá S.A.
CÓRDOBA	Barrio San Lorenzo Sud	Nildo Santin López S.A.
	Ferreyra	Santa Albina S.A.
LA PAMPA	General Pico	Pampa Bio S.A.

	Catriló	Energía Renovable S.A.
CHACO	Puerto Tirol	Marcelo Rossini S.A.
TUCUMÁN	San Miguel De Tucumán	Kieba Servicios SRL.
SAN LUIS	San Luis	Diaser S.A.

A continuación, en la figura 2.5 podemos observar las toneladas producidas de biodiésel en Argentina a partir del año 2008, mientras que la figura 2.6 muestra la producción de cada provincia en los años 2018, 2019 y 2020 posicionando claramente a Santa Fe como el principal productor de biodiésel a nivel nacional.

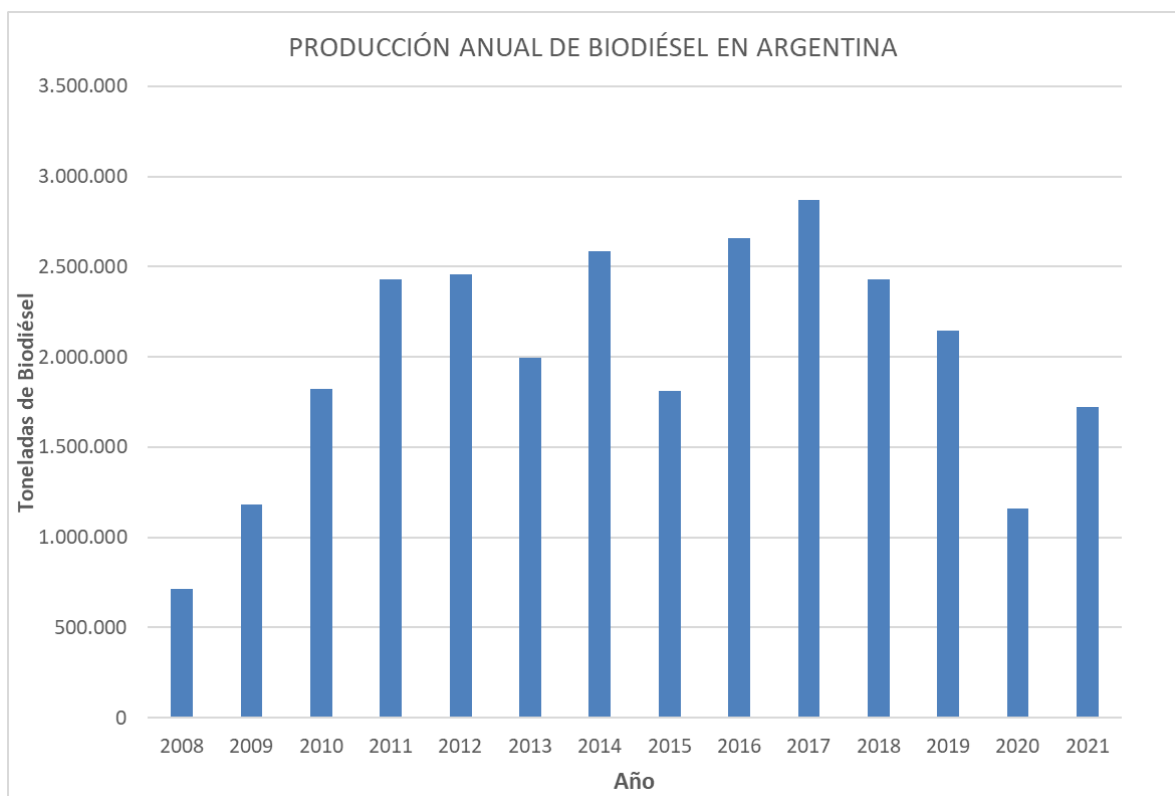


Figura 2.5. Producción anual de biodiésel en Argentina. [20]

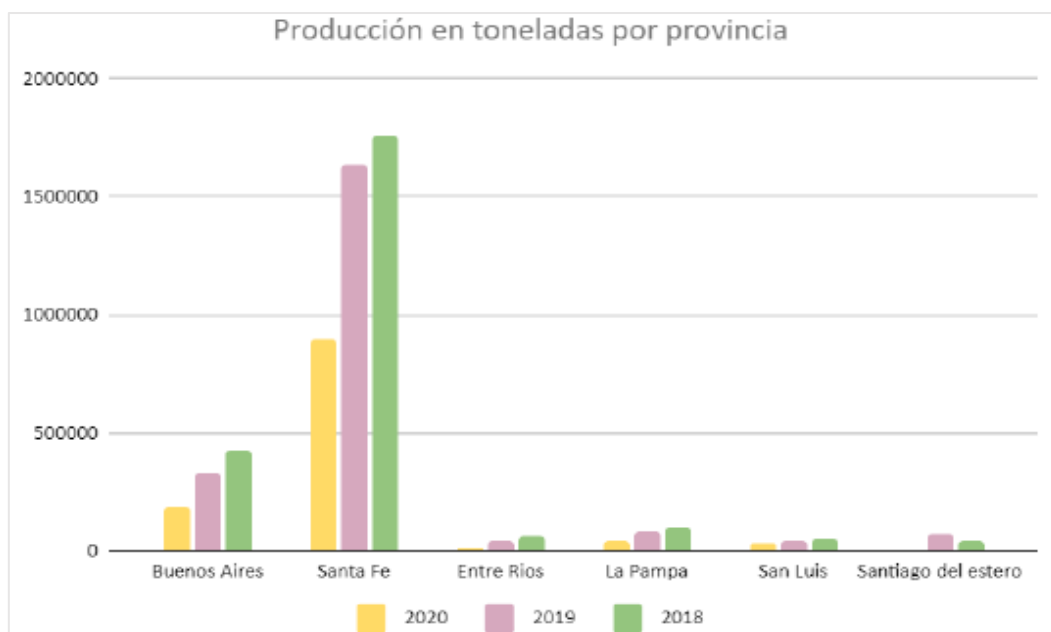


Figura 2.6. Distribución provincial de Biodiésel en los años 2018, 2019 y 2020. [20]

2.4.1.2 GLICEROL CRUDO EN ARGENTINA.

La industria del biodiésel en Argentina es la principal productora de la materia prima que necesitamos para nuestro proyecto. Se estima que cada 1000 kg de biodiésel producidos se producen 110 kg de glicerol crudo, es decir una relación del 11% en peso (Posada Duque & Cardona Alzate, 2010).

En la tabla 2.7 se indica la producción nacional de glicerol crudo en los últimos 10 años.

Tabla 2.7. Producción anual de glicerol crudo en Argentina.[20]

Año	Producción Biodiésel (tn)	Producción Glicerol crudo (tn)
2012	2.456.578	270.224
2013	1.997.809	219.759
2014	2.584.290	284.272
2015	1.810.659	199.172
2016	2.659.275	292.520
2017	2.871.435	315.858
2018	2.428.997	267.190
2019	2.147.270	236.200

Producción de Glicerina USP

2020	1.157.364	127.310
2021	1.723.665	189.603

En la figura 2.7 se observa la producción de glicerol crudo en los últimos 10 años.

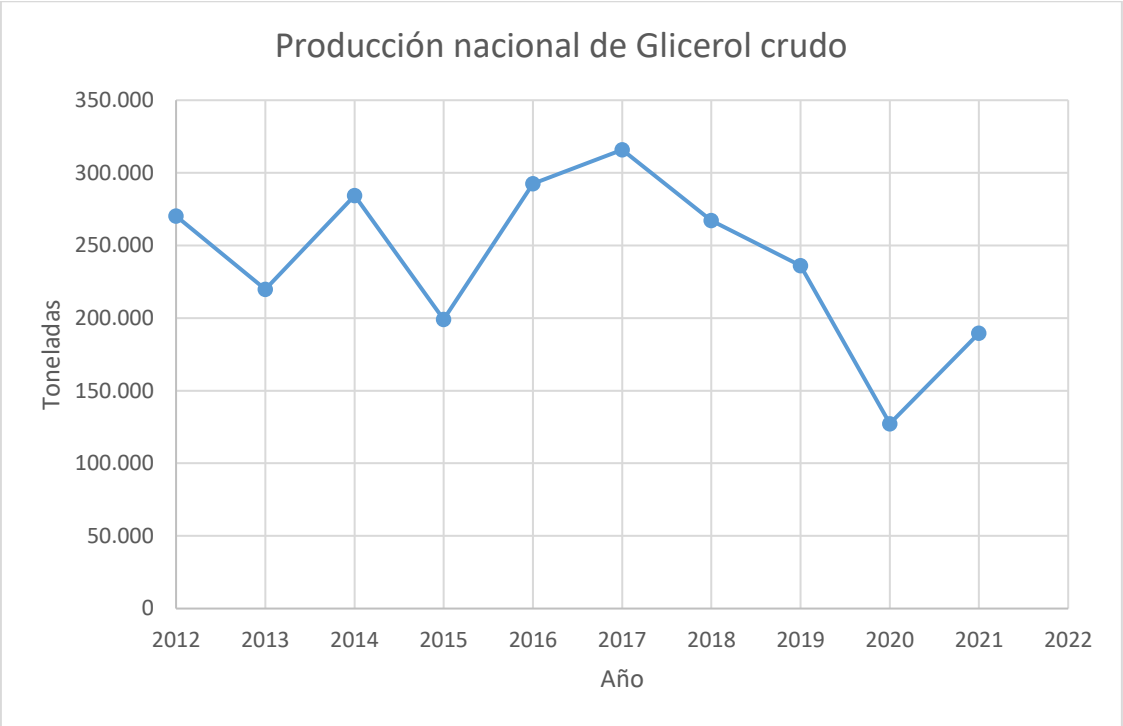


Figura 2.7 Producción de glicerol crudo en Argentina en los últimos 10 años.

Para poder verificar que nuestro proyecto contará con la disponibilidad necesaria de glicerol crudo, se hace una proyección a 10 años de la producción nacional del mismo. (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Proyección estimada a 10 años de la producción nacional de glicerol crudo.

Datos estimados produccion de glicerol crudo (Tn)	Año
278.003	2012
269.604	2013
261.206	2014
252.808	2015
244.410	2016
236.012	2017
227.614	2018
219.215	2019
210.817	2020
202.419	2021
194.021	2022
185.623	2023
177.224	2024
168.826	2025
160.428	2026
152.030	2027
143.632	2028
135.234	2029
126.835	2030
118.437	2031

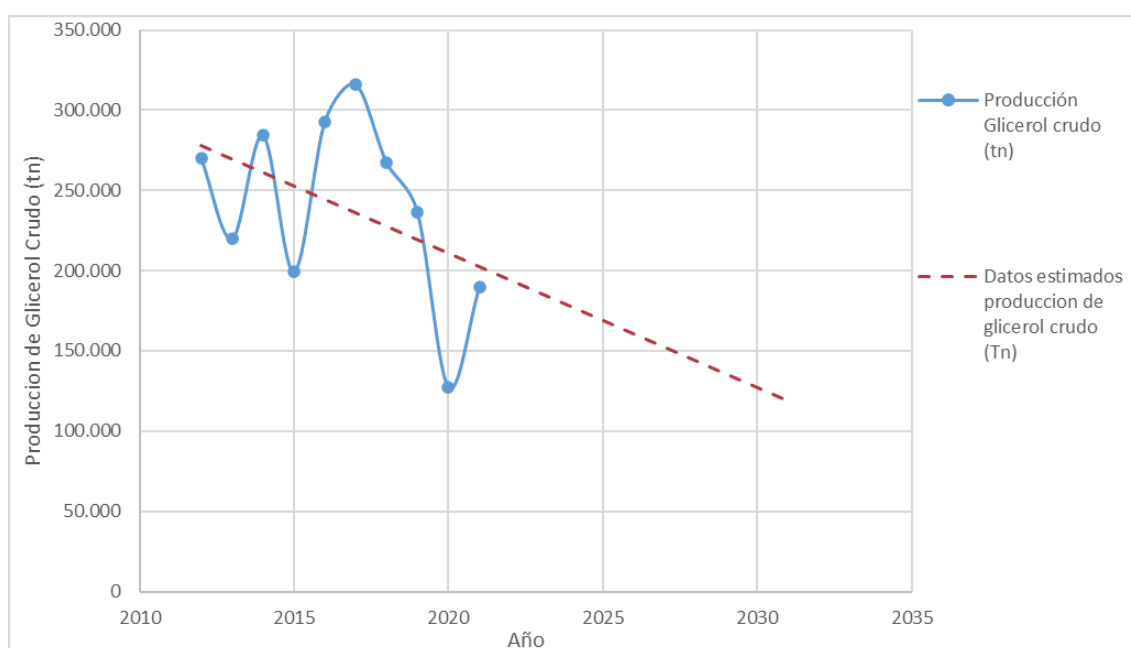


Figura 2.8 Proyección estimada a 10 años de la producción nacional de glicerol crudo.

Si bien a lo largo de los años, la producción de glicerol crudo ha sufrido fluctuaciones, podemos decir que su disponibilidad es ampliamente mayor a la producción de glicerina USP del presente proyecto. Además, se debe tener en cuenta, que en el año 2020 existe una importante merma en la producción, lógica por la pandemia, y que ya para el año 2021 se mostraron aumentos en la producción de glicerol crudo, esperando alcanzar en un futuro cercano los valores pre-pandemia.

2.4.1.3 PROVEEDOR ELEGIDO.

Para el presente proyecto, el glicerol crudo (materia prima principal del proceso) será comprado a la empresa Explora S.A, ubicada en la localidad Puerto General San Martín, provincia de Santa Fe. Esta es una empresa dedicada especialmente a la producción y comercialización de Biodiésel y glicerol crudo, este último producto tiene un precio de venta DAP para el parque industrial San Lorenzo, provincia de Santa Fe (lugar donde se emplazará la planta de este proyecto) de 344 USD/tonelada.



Figura 2.9 Fotos de muestra de glicerol crudo de la empresa Explora S.A [23]

2.4.2 INSUMOS.

Hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio (NaOH), también conocido como soda cáustica o lejía, es una sustancia altamente versátil que se utiliza en una variedad de procesos de fabricación.

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor.

Generalmente se comercializa en estado líquido, para lo cual presenta una apariencia transparente e inodora. En estado sólido y a temperatura ambiente, es blanco y sin olor, capaz de absorber la humedad de los alrededores por sus características higroscópicas. Para el presente proyecto se necesita solución de NaOH 50% p/p.

Precio NaOH : 0,94 U\$D/kg



Proveedor: SERQUIM.

Presentación: Tanque IBC con 1250 kg de solución.

Carbón Activado

El carbón activado o carbón activo es carbón poroso, que se utiliza para atrapar compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido por medio de la adsorción.

Puede producirse en forma de polvo, de gránulos o de pellets cilíndricos. El polvo sólo se aplica en la purificación de líquidos. En el caso del carbón granular, se aplica tanto en la purificación de líquidos como de gases. Por último, los pellets son empleados en el tratamiento de gases, ya que su forma cilíndrica produce una menor caída de presión. Dependiendo de la materia prima pueden encontrarse dos variedades: mineral o vegetal. El carbón mineral surge tras el proceso de carbonificación de algunos materiales orgánicos presentes en la corteza terrestre, su extracción se realiza a través de los yacimientos mineros y se encarga principalmente de remover los compuestos que producen color. Por su parte, el carbón vegetal es un recurso renovable que surge de la combustión incompleta de la madera y otros residuos vegetales, y su función es remover aquellos compuestos que generan olores indeseables en el producto. Esta sustancia, en general, se utiliza para la potabilización de agua, en procesos de desodorizado y purificación, en la refinación de azúcar, decoloración de productos, recuperación de oro, etc (Carbotecnia, 2021). Para el proceso de refinación de la glicerina cruda, se utiliza carbón mineral ya que el objetivo es eliminar aquellas trazas de compuestos, generalmente orgánicos, que confieren color al producto, usándolo en las columnas de blanqueo.



Precio carbón activado: 18,3 U\$D/kg

Proveedor: Calgon Carbon

Presentación: Maxisaco de 454 kg

Envases

Tambores de 200 Litros (55 Galones):

Chapa laminada en frío de acuerdo a las necesidades del producto a envasar.

Revestimiento exterior: Esmalte horneable espesor mínimo 12 micrones.

Color Exterior: Según RAL requerido.



Revestimiento interior: Barniz Sanitario o Epoxi - Fenólico, ambos aprobados por SENASA. Sin Revestimiento con limpieza especial.

Tipo de tapa: Con 2 bocas de 2" y 3/4", en acero laminado en frío.

Tipo de cierre: Aro Bulón o Palanca.

Usos:

Productos líquidos, Productos químicos, Aceites minerales, Pinturas, Alimentos, Agroindustria.

Precio tambor 200 litros: 63 U\$D/unidad.

Proveedor: Nortam

Presentación: Tambor de 200 litros.

Pallets

Pallets de 1m x 1,2 m EcoPino

Proveedor: Maderas El Gaucho

Precio: 4,35 USD/unidad



2.5 PRECIO CIF GLICERINA USP.

El precio de la glicerina depende del precio del biodiésel, lo que hace que su mercado sea volátil. Históricamente siempre fue bajo debido al exceso de oferta, sin embargo, con el descubrimiento de nuevas aplicaciones debido a su purificación y la expansión del mercado, la demanda comenzó a crecer permitiendo que los precios se recuperen. Se elabora la tabla 2.9 y la figura 2.10, donde se indican las exportaciones de glicerol crudo y glicerina USP, con sus respectivos valores CIF.

Tabla 2.9 Precio CIF de exportación en dólares de la glicerina cruda y USP por tonelada [14].

Año	Glicerina Refinada			Glicerol Crudo		
	Exportación en Tn	Total (U\$D)	U\$D/Tn	Exportación en Tn	Total (U\$D)	U\$D/Tn
2012	68.851	46.437.773	674	169.869	45.023.805	265
2013	101.000	76.104.314	754	75.699	23.472.226	310
2014	102.516	66.324.368	647	160.853	32.757.155	204

Producción de Glicerina USP

2015	87.036	44.859.244	515	78.700	11.700.637	149
2016	96.482	40.887.559	424	174.321	18.777.278	108
2017	105.685	57.171.941	541	173.466	38.560.615	222
2018	111.178	83.110.366	748	132.915	43.860.477	330
2019	118.199	54.421.424	460	105.062	13.574.482	129
2020	79.789	33.235.187	417	39.885	5.766.480	145
2021	93.801	74.022.485	789	41.933	19.015.790	453
2022	107.937	112.096.137	1.039	51.981	30.020.915	578

PROMEDIO 637 USD/Tn

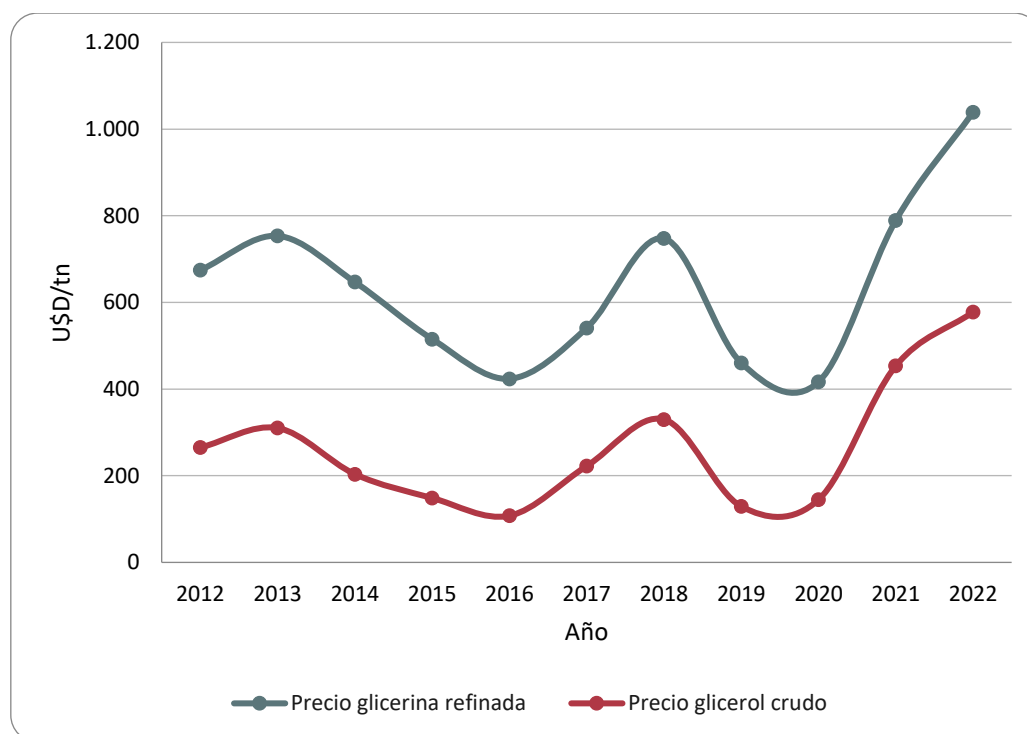


Figura 2.10. Precio CIF de exportación en dólares de la glicerina cruda y USP por tonelada [14].

El precio de exportación de la glicerina USP mantiene cierta fluctuación a lo largo del tiempo, sin embargo, en los últimos dos años el precio por tonelada de glicerina USP alcanzó máximos históricos pagándose en el 2022, 1039 USD/tonelada.

Para definir el precio de venta de nuestro producto, se calcula un promedio de los últimos 10 años. El precio CIF promedio calculado es de 637 U\$D por tonelada y es el que se toma como precio de venta para el proyecto en cuestión.

No es de esperar que el precio de este producto decaiga en los próximos años debido a razones que ya se mencionaron anteriormente, entre ellas: el aumento sostenido de la demanda a nivel mundial, producto del incremento de ventas de las industrias que requieren este insumo como materia prima (industria farmacéutica, cosmética, entre otras) y el constante descubrimiento de nuevas aplicaciones para la glicerina USP que permite su inserción a nuevos mercados.

2.6 CONCLUSIONES.

De lo expuesto anteriormente, el proyecto bajo análisis buscará exportar glicerina grado USP a México de manera de cubrir parte de su demanda insatisfecha. La producción de este tipo de glicerina en nuestro país se plantea en un escenario prometedor determinado por ciertas ventajas competitivas, las cuales se indican a continuación:

- Disponibilidad de la principal materia prima (glicerina cruda) debido al continuo crecimiento nacional de la industria del biodiesel.
- La versatilidad del producto posibilita que sea utilizado en diversas industrias, de las cuales muchas de ellas están en crecimiento.
- Solo existen 4 empresas productoras de glicerina USP en Argentina.
- La reciente apertura de refinerías de glicerina (como lo es el caso de Glycopharma y Bojagro S.A) demuestran que es un mercado viable y en pleno desarrollo.

2.7 BIBLIOGRAFÍA

[1] COFEPRIS. ¿Qué hacemos?, Gobierno de México:

<https://www.gob.mx/cofepris/que-hacemos>

[2] COFEPRIS. Secretaría de trabajo y previsión social, Gobierno de México:

<http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-018.pdf>

- [3] Ficha Técnica Glicerina USP, GLINSA: https://glinsa.com.mx/wp-content/uploads/2019/11/glinsa_fichat%C3%A9cnicaglicerina.pdf
- [4] Glycopharma. <https://www.glycopharma.com.ar/>
- [5] Planta de Biodiesel Glycopharma, BiodieselArgentina: <https://biodiesel.com.ar/12214/conoce-glycopharma-s-a-la-planta-de-glicerina-mas-moderna-de-argentina>
- [6] Terminal6. http://terminal6.com.ar/contenidos/2014/07/21/Editorial_2812.php
- [7] Bojagro. <http://bojagro.com/>
- [8] Glicerina de exportación: el grupo bahiense que ya vende su producto. SinTinta: <https://sintinta.com.ar/2021/03/18/glicerina-de-exportacion-el-grupo-bahiense-que-ya-vende-su-producto/>
- [9] Planta San Lorenzo, Renova: <https://renova.com.ar/planta-san-lorenzo>
- [10] AgrofyNews: <https://news.agrofy.com.ar/>
- [11] Molinos se asocia con Renova en la producción de Biodiesel, AgrofyNews: <https://news.agrofy.com.ar/noticia/95697/molinos-se-asocia-con-renova-en-la-produccion-de-biodiesel>
- [12] Importaciones y Exportaciones de Glicerina en Mexico, World Integrated Trade Solution (WITS). <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/MEX/year/2017/trade-flow/Exports/partner/ALL/product/152090>
- [13] Ministerio agricultura ganadería y pesca (MAGyP). Informe Biocombustibles Junio 2022. Página 20,23 y 24. (Anexo).
- [14] Ministerio agricultura ganadería y pesca (MAGyP). Informe Biocombustibles Marzo 2023. Página 20,23 y 24. (Anexo).
- [15] ViselBiofuels, Milenio: <https://www.milenio.com/negocios/apuesta-por-innovar-la-industria-bioquimica>

[16] Glicerina, Pochteca México: <https://mexico.pochteca.net/glicerina-o-glicerol/> <https://mexico.pochteca.net/empresa/quienes-somos/>

[17] Transformación de Glicerol, Instituto Mexicano del Petróleo, Gobierno de México: <https://www.gob.mx/imp/prensa/el-imp-busca-transformar-el-glicerol-en-productos-quimicos-de-alto-valor-agregado-para-las-industrias-quimica-y-petroquimica?idiom=es>

[18] DataMexico.

<https://datamexico.org/es/profile/product/glycerol?importsGeoSelector=1&internationalBuysStartYearSelector2=2021&internationalSalesStartYearSelector2=2021&timeNetTradeSelector=Year>

[19] Biodiesel, Ministerio de Agronomía, Ganadería y Pesca. MAGyP: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/observatorio_bioeconomia/indicadores/06/index.php

[20] Estadísticas Biocombustibles, Secretaría de Energía de la Nación: <http://datos.energia.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-y-bioetanol>

[21] Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel, Posada Duque & Cardona Alzate, 2010.. (Anexo).

[22] Glicerina USP, Secretaría de Energía de la Nación.

[23] Explora S.A. Fotos muestra GLICERINA CRUDA. (Anexo).



CAPITULO III

POTENCIALIDAD Y LOCALIZACION DE LA **PLANTA**



3 POTENCIALIDAD Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

3.1 Capacidad instalada.

En base a lo analizado en el capítulo II, la demanda insatisfecha en México en los últimos años (2017-2022) ronda las 67.000 toneladas anuales, con una demanda proyectada a 10 años (2031) de 85.108 Tn anuales.

Se propone cubrir con este proyecto el 8% de la demanda insatisfecha proyectada a 10 años en dicho país, lo que corresponde a 7.000 toneladas anuales.

Por lo expuesto en el capítulo anterior, la disponibilidad de materia prima no limita la capacidad de la planta definida. En los últimos 10 años, en nuestro país, se produjeron en promedio 240.000 Toneladas de Glicerol crudo, lo que excede ampliamente la cantidad de materia prima necesaria para el tamaño de planta definido para cubrir el 8% de la demanda insatisfecha de México.

3.2 Análisis de localización.

Se realizó el análisis de dos alternativas para la localización de la planta. Las mismas son las Provincias de Buenos Aires y Santa Fe.

La distribución geográfica de las plantas de biodiésel, la industria proveedora de la principal materia prima, se encuentra muy concentrada en la provincia de Santa Fe, seguida por la provincia de Buenos Aires. Esto puede explicarse debido a la proximidad a los puertos y a la concentración de los centros de acopio de granos, principales proveedores de soja. Por este motivo, se acota el número de regiones posibles para la localización de la planta en dichas provincias y se considerarán los parques industriales ubicados en las mismas, además de que presentan la ventaja de su cercanía a los puertos y canales de distribución de productos.

En Santa Fe se encuentran 6 parques industriales (reconocidos por el estado provincial), de los cuales 5 son públicos y 1 es privado; además cuenta con 24 áreas industriales, donde 21 son públicas, 2 privadas y 1 mixta (Dirección General de Industrias del Gobierno de Santa Fe). Por su parte, Buenos Aires cuenta con 90 parques industriales, aproximadamente el 35% del total nacional. En función de la disponibilidad de terrenos, cercanía a puertos y a las empresas productoras de biodiesel, se elige una potencial área por provincia:

- Parque Industrial San Lorenzo. San Lorenzo, Provincia de Santa Fe.
- Parque Industrial Pilar. Pilar, Provincia de Buenos Aires [8].

El hecho de emplazar la planta en un parque industrial acarrea consigo ciertas ventajas tales como:

- ❖ Poseen redes de servicios esenciales como red de media y alta presión de gas y electricidad, red de agua potable, redes de cloacas, así como también sistemas hidrantes contra incendios y balanza común (ambos parques cuentan con los servicios mencionados).
- ❖ Ambos se encuentran contruidos bajo los parámetros de las leyes provinciales de parques industriales (Ley 13744 para la Provincia de Buenos Aires y Ley 11525 para la Provincia de Santa Fe) y están inscriptos en El Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI)
- ❖ Exenciones impositivas y de servicios específicas.
- ❖ Financiamiento a tasas bajas.

Para seleccionar el lugar óptimo para la ubicación de la planta, se utilizó un método cualitativo por puntos, el cual asigna factores cuantitativos a una serie de factores cualitativos que se consideran relevantes para la localización.

Los factores relevantes que se tuvieron en cuenta son los siguientes:

- Préstamos para inversiones.
- Disponibilidad de la materia prima.
- Mano de obra disponible.
- Costo de los insumos.
- Cercanías del mercado.
- Existencia de infraestructura.
- Costo de vida

Tabla 3.1. Método cualitativo por puntos (Elaboración Propia)

Factor Relevante	Peso Asignado	Parque Industrial San Lorenzo (Santa Fe)		Parque Industrial Pilar (Buenos Aires)	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Préstamos para inversiones	0,05	9	0,45	8	0,4
Disponibilidad de Materias Primas	0,3	10	3	9	2,7

Disponibilidad de Mano de Obra	0,10	8	0,8	8	0,8
Costo de Insumos	0,05	7	0,35	7	0,35
Cercanía del Mercado	0,25	9	2,25	8	2
Infraestructura	0,10	8	0,8	8	0,8
Costo de Vida	0,15	8	1,2	7	1,05
Suma	1		8,85		8,10

Mediante el análisis realizado, se puede concluir que la mejor ubicación para nuestro proyecto es en el Parque Industrial San Lorenzo ubicado en la provincia de Santa Fe, por obtener una calificación ponderada de 8,85 puntos frente a los 8,10 puntos de la otra ubicación bajo estudio. Las principales ventajas de esta opción resultaron ser, la cercanía a una mayor cantidad de industrias proveedoras de materia prima, mayor cercanía al puerto (38,6 km contra 67,3 km de distancia entre el Parque Industrial Pilar y el puerto de Buenos Aires) (Fuente: Google Maps), los aspectos estratégicos de la provincia en búsqueda del desarrollo industrial y tecnológico así como también un costo de vida levemente menor, característico de las provincias del interior en comparación a la Provincia de Buenos Aires.

3.3 Parque Industrial San Lorenzo

El Parque Industrial San Lorenzo [3] se ubica al Noroeste de la ciudad de San Lorenzo, en el área delimitada por la Autopista Rosario-Santa Fe, la intersección de la Ruta Provincial N°10, las vías del Ferrocarril Mitre (hoy Nuevo Central Argentino) y el Arroyo San Lorenzo, dentro un área denominada "Zona de Promoción Industrial" (Ord. N° 2111/98).

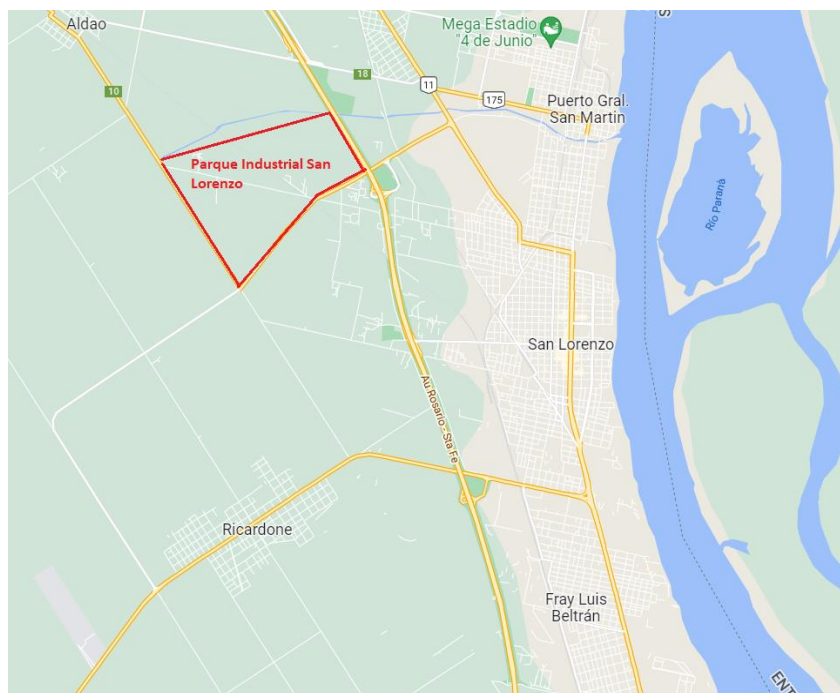


Figura 3.1. Ubicación del Parque Industrial San Lorenzo [1] [2].

Comprendido dentro del Área Metropolitana del Gran Rosario, el Parque fue proyectado en base a las normas urbanísticas locales y provinciales, contribuyendo con la planificación territorial de la ciudad y la región, favoreciendo el desarrollo industrial de forma sustentable y en armonía con sus habitantes y el medio ambiente.

Su ubicación estratégica permitirá realizar conexiones con diversos medios de transporte, facilitando la combinación de carga multimodal. Acceso directo a: la Ruta Provincial N° 10, la Autopista Rosario–Santa Fe y las vías del Ferrocarril G. Mitre (NCA). Cercanía con: las autopistas Rosario–Córdoba, Rosario– Buenos Aires, las Rutas Nacionales N° 11, 9 y A012, el Puente Rosario–Victoria, los puertos fluviales sobre la hidrovía Paraná–Paraguay y con el Aeropuerto Internacional Rosario.

El complejo industrial cuenta con los siguientes servicios:

Tabla 3.2 Servicios disponibles en el Parque Industrial San Lorenzo [3].

Servicios Esenciales	Servicios Complementarios	Seguridad	Salones, Negocios
- Red Eléctrica de Baja y Media Tensión - Red de Agua Corriente - Red de Media y Alta Presión de Gas Natural	-Salón de Usos Múltiples (SUM) -Depósito Común - Centro de Emergencias	- Doble Cerco Perimetral - Seguridad Privada las 24 hs.	- Salón de Convenciones - Salón de Exposiciones

- Red de Cloacas - Sistema desagües pluviales - Red de Telefonía - Servicio de Internet / Wi-Fi - Iluminación Interior y Alumbrado Público exterior - Sistema Hidrantes contra Incendios - Balanza Común	- Médicas y Primeros Auxilios - Desvío Ferroviario - Playa de Maniobras para actividades logísticas multimodales - Guardería Infantil - Hotel	- Sistema Integrado de Monitoreo - Sistema de Control de Ingresos y Egresos	- Centro de Negocios - Edificio de Oficinas - Salón de Usos Múltiples (SUM)
Deportes y Recreación	Servicios financieros y Administrativos	Gastronomía	Informes
- Gimnasio - Campo de Deportes - Cancha de Fútbol - Espacios Verdes y de Recreación - Vestuarios	- Banco - Oficina de Dependencias Provinciales y municipales	- Comedor para Personal - Restaurante y Bar - Mini Mercado	- Área de informes

Además de contar con todos los servicios esenciales y servicios complementarios, las empresas que se instalen en el Parque accederán a:

- Tarifas Preferenciales de Servicios.
- Reducción de los costos por generación de economías de aglomeración, a partir de la compra conjunta de insumos y materias primas, las relaciones de compra-venta entre las firmas, y la posibilidad de radicación próxima de proveedores y subcontratistas, logrando ahorro en transporte y logística.
- Posibilidad de modernización tecnológica, edilicia y logística.
- Relaciones espontáneas o planificadas entre las empresas, promovidas por el consorcio de administración.
- Cooperación entre las empresas en diversas facetas, desde el intercambio y la producción conjunta de conocimientos tecnológicos, hasta la contratación de servicios y la colocación de la producción.

3.4 Terreno seleccionado para el emplazamiento del proyecto.

La selección del terreno se fundamenta en la disponibilidad actual de lotes en el parque industrial.

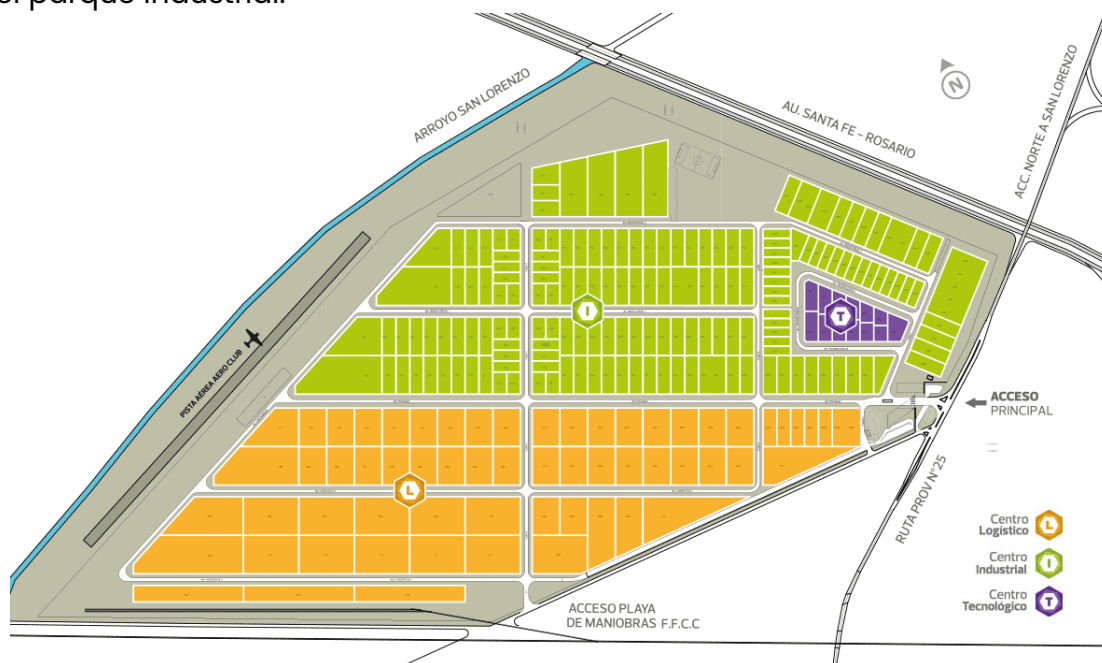


Figura 3.2. Plano general del Parque Industrial San Lorenzo [3].

Actualmente los lotes N° 7 y 8 del complejo se encuentran en venta. Dichos lotes, al encontrarse en el sector industrial del complejo, poseen una ubicación estratégica dentro del predio con acceso directo a la Autopista Rosario - Sta. Fe además de ubicarse a 10 minutos de los puertos de San Lorenzo, a 20 minutos del Aeropuerto de Rosario y 30 minutos del Puerto de Rosario [4].

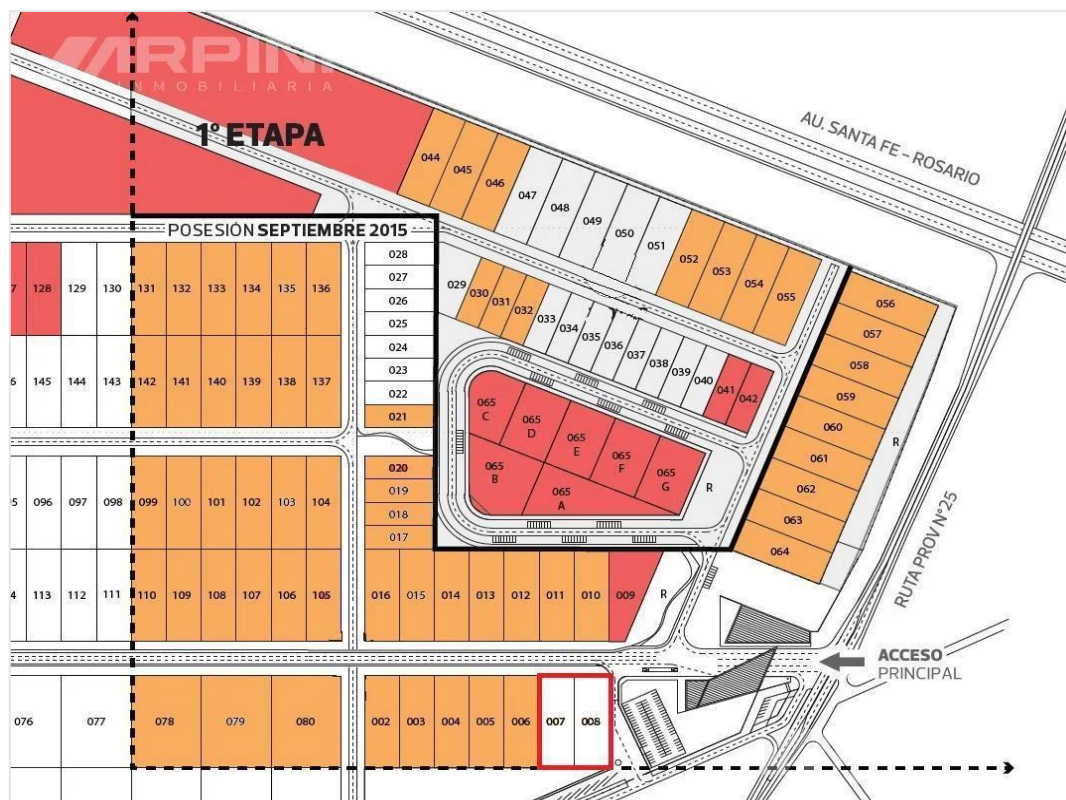


Figura 3.3. Plano general del Parque Industrial San Lorenzo [3].

La superficie total de los lotes es de 5.000 m² (60 mts de frente Este por 83,30 mts de fondo) y su precio es de 300.000 U\$D [1].

3.5 Bibliografía:

- [1] PARQUE INDUSTRIAL SAN LORENZO LOTE 5000 M2, San Lorenzo – Argenprop. (Captura del precio en archivos adjuntos).
- [2] Ubicación del terreno
- [3] Parque Industrial San Lorenzo
- [4] Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI ACTUALIZADO AL 1-04-2019
- [5] Parques Industriales, Pagina Web de la Provincia de Santa Fe: <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/64088/310351/file/>
- [6] Mapa Parques Industriales | Argentina.gob.ar
- [7] Provincia de Buenos Aires – Informe N° 1

Producción de Glicerina USP

[8] Parque Industrial Pilar





CAPITULO IV

DISEÑO DE PROCESO

4 CAPITULO IV: DISEÑO DE PROCESO

4.1 Introducción.

Para poder lograr como producto final glicerina grado USP, se debe someter a la glicerina cruda proveniente de la industria del biodiésel, a un proceso de purificación. Esta purificación se puede llevar a cabo por diferentes métodos, los cuáles serán descritos en este capítulo, y luego se hará la elección del más conveniente para el proyecto en cuestión. Finalmente se desarrollan los balances de masa y energía correspondientes.

Métodos de obtención de glicerina USP.

Por lo general, cualquier proceso de purificación para obtener glicerina grado USP incluye los siguientes pasos:

- ❖ Pretratamiento: para reducir el contenido de materia orgánica no glicerínica y así proteger la calidad de la glicerina, además de las sales presentes.
- ❖ Evaporación al vacío: para eliminar el posible metanol residual y el agua.
- ❖ Refinamiento: para mejorar la pureza.

Los distintos métodos existentes difieren en esta última etapa, la de refinación, ya que existen al menos tres técnicas para llevarla a cabo:

- ❖ Intercambio iónico
- ❖ Separación por membranas
- ❖ Destilación al vacío

4.1.1 Intercambio Iónico

La técnica de purificación por intercambio iónico permite obtener una mayor calidad de glicerina refinada, eliminando componentes indeseables como ácidos grasos, sales inorgánicas y iones libres, a temperatura ambiente con menor consumo de energía. La electrodiálisis es una tecnología de membrana que, bajo la influencia de un campo eléctrico continuo, permite extraer sustancias orgánicas e inorgánicas ionizadas disueltas en disolución acuosa a través de membranas selectivas de intercambio iónico. Antes de someter la glicerina a electrodiálisis se debe diluir utilizando hasta un 50% de agua.

Los altos contenidos de sales hacen que esta técnica no sea económicamente viable a escala industrial. El costo de regeneración química de las resinas se vuelve muy alto cuando los contenidos de las sales son superiores al 5% en peso, una cantidad comúnmente encontrada en las glicerinas provenientes de la industria del biodiésel [1].

4.1.2 Separación por membranas.

Es una tecnología emergente con alto potencial de purificación de glicerol crudo. Es amigable con el medio ambiente, fácil de operar, con bajo consumo de energía y costo, y capaz de purificar el glicerol crudo hasta el 99%. La tecnología se aplica a través de modalidades de, por ejemplo, ultrafiltración, micro filtración, nano filtración u ósmosis inversa. La omisión del agua para el lavado, que es necesaria en la tecnología de intercambio iónico, es otra ventaja ecológica. Una modalidad para la purificación de glicerol, a través de la separación de membranas, se desarrolló a través de la tecnología patentada de membrana de alta eficiencia de electro-presión, desarrollada por EET Corporation siguiendo un enfoque sinérgico, en la que las unidades de membrana trabajan en integración con procesos de nanofiltración y/o ósmosis inversa en una sola unidad de operación [2].

4.1.3 Destilación al vacío.

La destilación de compuestos químicos que son susceptibles a altas temperaturas, como el glicerol, se facilita mediante la realización de la operación en una columna al vacío. El uso de esta tecnología reduce las temperaturas de operación, evitando la degradación del glicerol, ya sea por polimerización o por deshidratación. Esta técnica presenta ventajas notables, como la posible viabilidad para el funcionamiento continuo a pequeña y gran escala, y la flexibilidad del proceso. Sin embargo, la destilación de la glicerina es un proceso de alto consumo energético, debido a su alta capacidad calorífica, lo que demanda un alto suministro de energía para su vaporización [3].

Para seleccionar el proceso de obtención de glicerina USP se tiene en cuenta aquel que permite obtener el mayor grado de pureza, menor complejidad en equipos, integración energética, y, por ende, menor costo.

La destilación al vacío es el método utilizado por excelencia, dado que este proceso genera glicerina de alta pureza con altos rendimientos a escala industrial, por lo tanto, es el seleccionado para el proyecto. Por su parte, en la separación de membrana no se llega al grado deseado ya que es una tecnología nueva, la cual todavía está en estudio y no ha sido aplicada a

escala industrial. Al igual que el intercambio iónico que no es económicamente viable a escala industrial.

Descripción del proceso de refinación de glicerol crudo.

Para poder obtener como producto final glicerina grado USP se debe seguir la siguiente secuencia de operaciones:

- ❖ Transporte de materias primas
- ❖ Recepción y almacenamiento de materias primas
- ❖ Evaporación
- ❖ Tratamiento predestilado
- ❖ Destilación
- ❖ Desodorizado
- ❖ Blanqueado

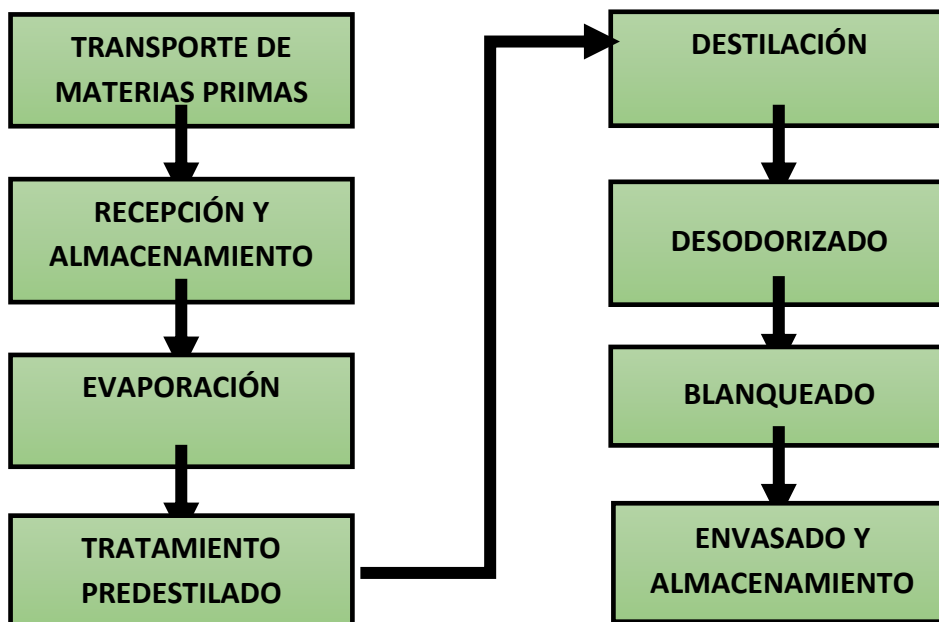


Figura 4.1 Flowsheet general del proceso industrial de obtención de glicerina USP.

4.1.4 Transporte de materias primas.

El traslado de las materias primas a la planta estará a cargo de la empresa Explora S.A, quienes realizarán el transporte en camiones cisternas, de 28 metros cúbicos de capacidad cada uno.

4.1.5 Recepción y almacenamiento de las materias primas

Una vez que los camiones llegan a la planta, se lleva a cabo la recepción de la materia prima de la siguiente manera:

1. Se verifica que el producto sea del proveedor correspondiente y que cumpla con la cantidad y especificaciones solicitadas.
2. Luego se procede al pesaje del camión en la báscula del parque industrial, para comprobar fehacientemente que se cumple con la cantidad de producto solicitada.

Una vez finalizada la etapa de recepción, las materias primas son almacenadas antes de ser usadas en el proceso de producción. Tanto el glicerol crudo como la soda cáustica se almacenan en sus respectivos tanques de forma líquida en condiciones de temperatura ambiente y presión atmosférica.

4.1.6 Evaporación al vacío.

En esta etapa, se elimina un alto porcentaje de agua y metanol presente en el glicerol crudo. La condición de vacío dentro del equipo debe ser superior o igual a 35 mbar.

4.1.7 Tratamiento del glicerol.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el glicerol crudo, proveniente de la industria del biodiésel, posee ciertas impurezas que deben ser tratadas y eliminadas con el fin de conseguir un producto de alta calidad. En la tabla 4.1 se puede observar la composición promedio que posee esta materia prima.

Tabla 4.1 Composición promedio de glicerina cruda [4].

Componente	% p/p
Contenido de glicerol	80
Agua	12,5
Sales	5
Metanol	0.5
MONG	2

El MONG se define como aquella materia orgánica no glicerínica y está presente en el glicerol crudo debido a los ésteres metílicos producidos durante la transesterificación de la materia prima, ya sea aceite vegetal o grasa animal. Cuando un ácido graso se neutraliza con un catión mineral (sodio, potasio, calcio, etc.) se lo denomina jabón, quedando así más soluble en agua y mucho menos en aceite.

En esta etapa se dosifica soda cáustica al 50%, con lo cual se produce la neutralización completa de los ácidos grasos. Este factor es importante ya que se debe asegurar la total conversión tanto de especies ácidas como de metilésteres y monoacilglicéridos, diacilglicéridos (DAG) y triacilglicéridos (TAG) presentes en la materia prima. El propósito de esta operación es que el remanente de la materia grasa o materia orgánica no glicerinosa (MONG) quede en la solución en forma de jabones antes de entrar a la columna de destilación y se reduzca la probabilidad de que destilen junto con la glicerina. Se debe tener en cuenta el tiempo de residencia en el tanque ya que es una operación crítica. Dicho tiempo es de aproximadamente 2 horas y la operación se lleva a cabo en un tanque agitado, en condiciones de temperatura ambiente y presión atmosférica.

4.1.8 Destilación al vacío.

Este método de destilación se realiza a presión reducida, es decir, se aplica cierto vacío a la columna con el fin de disminuir los puntos de ebullición de los distintos componentes. Esta técnica se usa cuando tratamos con compuestos termosensibles o cuando el punto de ebullición del compuesto deseado es difícil de alcanzar, como es el caso del glicerol cuya temperatura de ebullición a presión atmosférica es 290°C.

En esta etapa se consigue la separación de la mezcla, obteniendo en la cola de la columna la fase pesada (sales, glicerina y MONG principalmente) y en la cabeza la fase liviana (glicerina en alto porcentaje).

La corriente de cabeza luego se dirige a un desodorizador en donde aumentará la pureza en el compuesto de interés (glicerina) y se eliminarán las trazas de componentes indeseables.

El tratamiento de la cola se lleva a cabo en un evaporador de película raspada o delgada, (también conocido como TFE, por sus siglas en inglés) y en él se busca recuperar la glicerina que no logró separarse en el destilador. La fracción pesada del fondo de la columna de destilación es continuamente descargada a través de una bomba al TFE. En el mismo, la corriente de alimentación es arrojada por el distribuidor, debido a la acción de la fuerza centrífuga, hacia la pared vertical caliente provocando así una continua evaporación. Se produce una rápida renovación de la superficie, por su corto tiempo de permanencia y su capa con poco espesor, además de la turbulencia delante de las palas provocando así una alta transferencia de calor, por lo tanto, la pureza y el rendimiento del producto se maximizan. Los vapores del TFE son ricos en glicerina por lo que son enviados a un

condensador y posterior a su condensación, la corriente es enviada a una columna de blanqueamiento para obtener glicerina USP. El material restante del TFE, el concentrado, es un residuo similar a una torta seca, rico en MONG. Este residuo se vacía periódicamente y se lo utiliza para abono de los lugares verdes de la planta [6].

4.1.9 Desodorizado.

La columna de desodorizado actúa como un separador para remover pequeñas cantidades de materiales que producen olores y los residuos de humedad de la glicerina destilada. Esta posee remanentes de componentes livianos, como cetonas y aldehídos y componentes polares, entre ellos, ácidos grasos, metilésteres y otros.

Esta operación consiste en efectuar un stripping con vapor y vacío, lo que técnicamente es una destilación. Es decir, que implica un proceso de arrastre con vapor en el que este se pone en contacto con la glicerina destilada en un aparato de destilación que funciona a baja presión y a una temperatura suficiente para vaporizar las impurezas volátiles desagradables. En el proceso típico de desodorización con vapor al vacío, se introduce la glicerina en un aparato de destilación que tiene diversos platos espaciados verticalmente, denominados normalmente platos de agotamiento. En cada plato de agotamiento, el vapor inyectado arrastra las impurezas volátiles.

El caudal de vapor es un parámetro crítico ya que, si es muy bajo, no logra alcanzar el objetivo final que es eliminar el olor y si, por el contrario, es elevado, le confiere humedad al producto final. Además, se deben controlar la temperatura de operación y el tiempo de retención de la glicerina [5].

4.1.10 Blanqueado.

La glicerina desodorizada se somete a la operación de blanqueo, la cual se efectúa a través de columnas rellenas con carbón activado específico. Esta etapa se lleva a cabo para eliminar trazas de compuestos olorosos y cuerpos de color con el fin de obtener un producto con un grado de color APHA menor a 5. Finalmente, la glicerina blanqueada se enfría para ser almacenada [5].

4.1.11 Almacenamiento, envasado y disposición final.

Una vez que la glicerina fue enfriada a 25°C, se almacena en su respectivo tanque para luego pasar a la envasadora. Aquí el producto final se envasa en

Barriles de 200 litros que son trasladados al depósito de almacenamiento de producto terminado.

4.2 Flowsheet del proceso.

A continuación, se presenta el flowsheet del proceso de producción de glicerina USP (figura 4.2) con sus respectivas tablas de referencia de equipos y corrientes (Tabla 4.1 y Tabla 4.2). En base a este se realizaron los balances de masa y energía correspondientes.

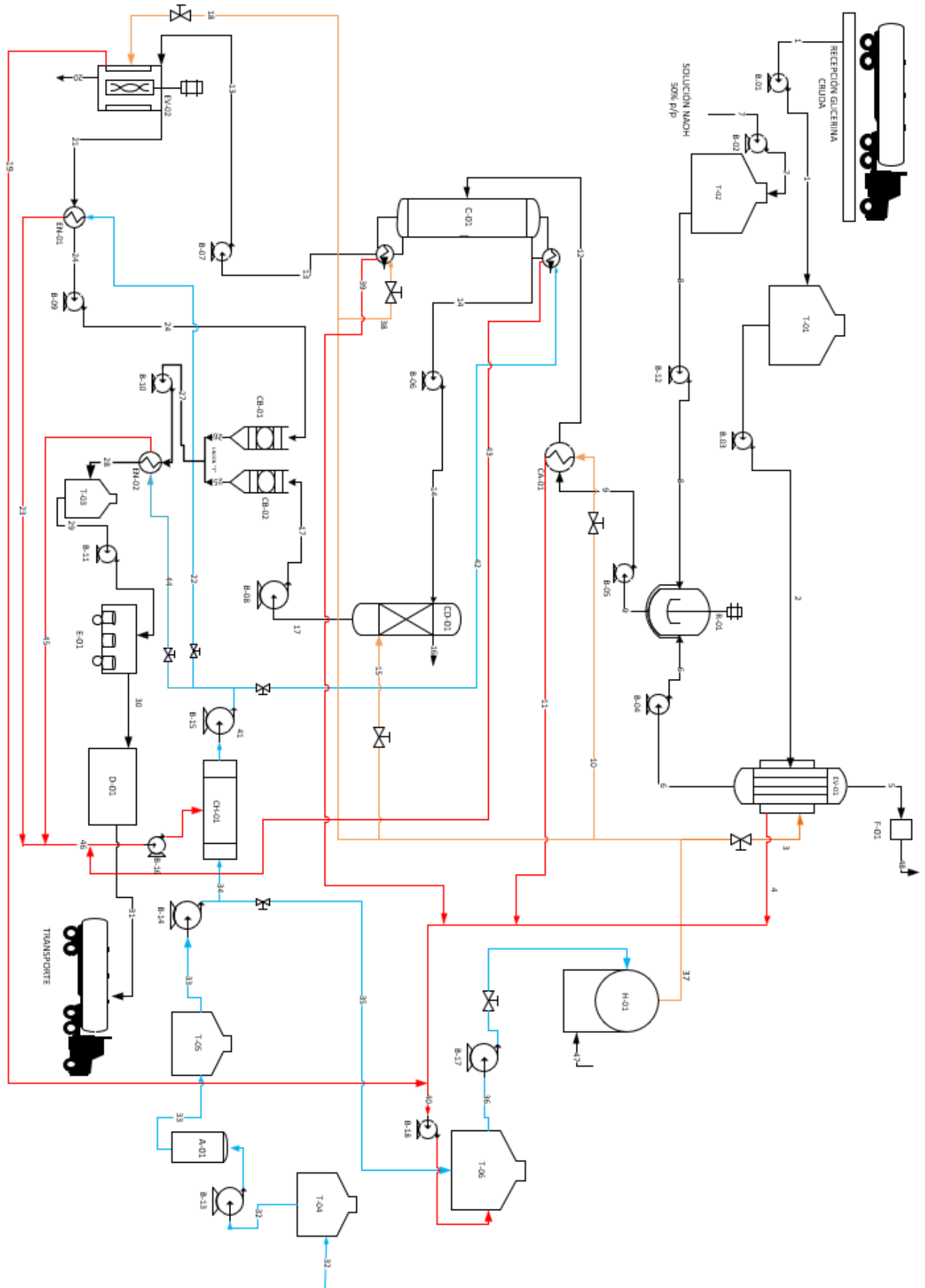


Figura 4.2 Flowsheet del proceso de producción de glicerina USP.

T-01	Tanque de almacenamiento glicerina cruda
T-02	Tanque de almacenamiento NaOH 50% p/p
T-03	Tanque intermedio de almacenamiento de glicerina USP
T-04	Tanque pulmón inicial
T-05	Tanque pulmón de agua blanda
T-06	Tanque de almacenamiento de la caldera
EV-01	Evaporador al vacío
EV-02	Evaporador de película delgada
C-01	Columna de destilación
CD-01	Columna de desodorización
CB-01	Columna de blanqueamiento N°01
CB-02	Columna de blanqueamiento N°02
R-01	Reactor tanque agitado
CA-01	Calentador de glicerina
EN-01	Condensador de glicerina
E-01	Envasadora
D-01	Depósito de almacenamiento de Glicerina USP envasada
H-01	Caldera
A-01	Ablandador de agua
CH-01	Chiller
F-01	Filtro de carbón activado
B-01 – B-11	Bomba centrífuga de 1 HP
B-12	Bomba dosificadora de solución NaOH
B-13 – B-14	Bombas centrífugas de 0,5 HP
B15 – B16	Bombas centrífugas de 3 HP
B-17 – B-18	Bomba multietapa vertical

Tabla 4.2 Referencia de los equipos del proceso.

1	Glicerina cruda
2	Alimentación de glicerina cruda al proceso
3	Vapor de agua saturado para evaporador EV-01
4	Líquido de agua saturada proveniente del evaporador
5	Vapor de componentes livianos de glicerina cruda
6	Concentrado de glicerina
7	Entrada de solución NaOH 50% p/p al tanque de almacenamiento T-02
8	Alimentación de NaOH 50% p/p al reactor
9	Glicerina tratada
10	Vapor de agua saturado para C-01
11	Líquido de agua saturada proveniente de CA-01

12	Glicerina para destilación
13	Cola de la columna de destilación
14	Destilado de glicerina
15	Vapor de agua saturado para CD-01
16	Venteo de vapor de agua con bajo contenido de impurezas
17	Glicerina desodorizada
18	Vapor de agua saturado para EV-02
19	Líquido de agua saturada proveniente de EV-02
20	Residuo con bajo contenido glicerinoso
21	Vapor con alto contenido glicerinoso
22	Agua de enfriamiento para EN-01
23	Agua caliente proveniente de EN-01
24	Glicerina condensada destinada a blanqueamiento
25	Glicerina USP destinada a almacenamiento
26	Glicerina USP destinada a almacenamiento
27	Glicerina USP total
28	Glicerina USP destinada a almacenamiento
29	Glicerina USP para envasar
30	Glicerina USP envasada
31	Glicerina USP cargada para transporte
32	Agua de red
33	Agua tratada
34	Agua de alimentación al chiller
35	Agua de alimentación al tanque de almacenamiento de la caldera
36	Agua de alimentación a la caldera
37	Red principal de vapor saturado
38	Vapor de agua saturado para calderín del C-01
39	Líquido saturado del calderín de C-01
40	Retorno de condensados al tanque de la caldera
41	Red principal de agua de enfriamiento
42	Agua de enfriamiento para condensador de C-01
43	Agua caliente proveniente del condensador de C-01
44	Agua de enfriamiento para EN-02
45	Agua caliente proveniente de EN-02
46	Retorno de agua caliente al CH-01
47	Entrada de gas combustible a la caldera H-01
48	Venteo de vapor de agua con bajo contenido de impurezas

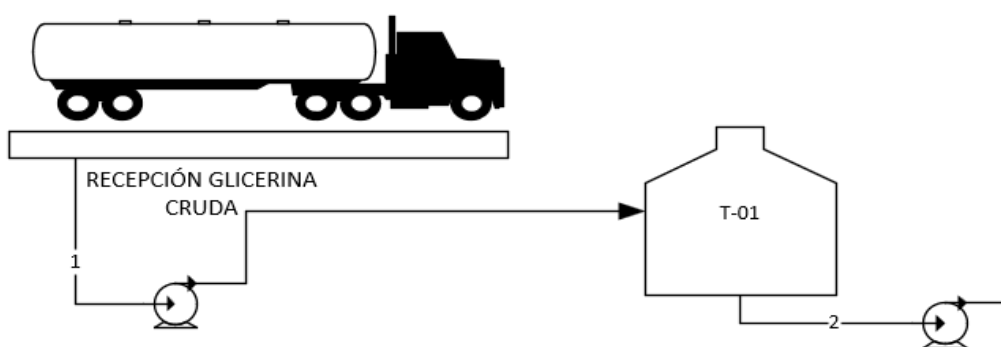
Tabla 4.3 Descripción de las corrientes del proceso.

4.3 Balances de masa y energía.

Se procede a realizar los balances de masa y energía para cada equipo, teniendo en cuenta el objetivo principal que es obtener glicerina al 99,7% p/p (Glicerina USP). Las propiedades termodinámicas fueron calculadas con el simulador CHEMCAD.

4.3.1 Balance de masa Recepción y Almacenamiento.

El camión cisterna que llega a la planta contiene 28 metros cúbicos de glicerina cruda (33,21 tn). El tanque de almacenamiento de glicerina cruda tiene una capacidad de almacenamiento de 75 m³. En la planta se procesan 1.280 kg/h de glicerina cruda (1,08 m³/h).



CAMIÓN CISTERNA GLICERINA CRUDA	Tn	Kg	m ³	ρ (kg/ m ³)
	33,21	33210	28	1186

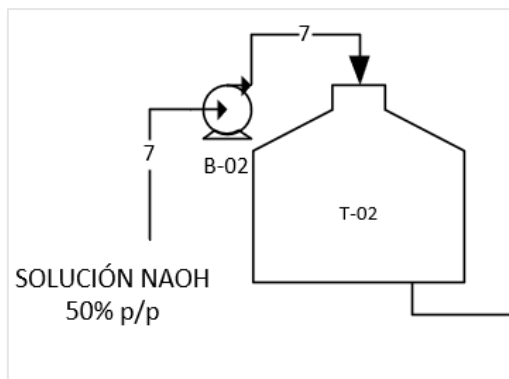
Tabla 4.4 Recepción de glicerina cruda.

$$1 = 2 = 1.280 \frac{kg}{h} = 1,08 \frac{m^3}{h}$$

Corriente	1=2	1.280,000	kg/h	
		21,476	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Glicerol	0,800	0,518	1.024,000	11,119
Agua	0,125	0,414	160,000	8,881
MONG (Ácido Linoleico)	0,020	0,004	25,600	0,091
Sal (Metilato de Sodio)	0,050	0,055	64,000	1,185
Metanol	0,005	0,009	6,400	0,200

Tabla 4.5 Composición corriente 2.

En cuanto a la Solución de Hidróxido de sodio al 50% p/p, ingresan a la planta 3500 kg mensuales ($2,33 \text{ m}^3$) siendo el tanque de almacenamiento de esta materia prima de 3 m^3 .



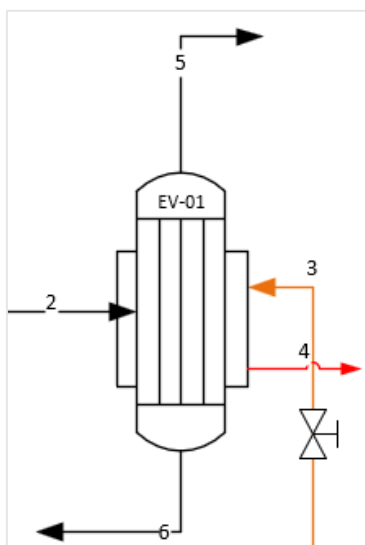
$$7 = 8 = 5,16 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0,003 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Corriente	7=8	5,159	kg/h		
		0,208	kmol/h		
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)	PM (kg/kmol)
Hidróxido de Sodio	0,500	0,310	2,580	0,064	40,000
Agua	0,500	0,690	2,580	0,143	18,000

Tabla 4.6 Composición corriente 7.

4.3.2 Balance de masa Evaporador al vacío (EV-01).

En este equipo se busca eliminar impurezas volátiles (como el metanol) de la corriente de glicerina cruda.



$$2 = 5 + 6 = 1.280 \frac{kg}{h} = 213,77 \frac{kg}{h} + 1.066,23 \frac{kg}{h}$$

$$3 = 323,97 \frac{kg}{h} \text{ vapor de agua saturado} = 4 = 323,97 \frac{kg}{h} \text{ líquido de agua saturado}$$

Corriente	2	1.280,000	kg/h
		21,476	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Glicerol	0,800	0,518	1.024,000	11,119
Agua	0,125	0,414	160,000	8,881
MONG (Ácido Linoleico)	0,020	0,004	25,600	0,091
Sal (Metilato de Sodio)	0,050	0,055	64,000	1,185
Metanol	0,005	0,009	6,400	0,200

Corriente	5	213,770	kg/h
		9,450	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Glicerol	0,196	0,048	41,924	0,455
Agua	0,739	0,928	157,967	8,769
MONG (Ácido Linoleico)	0,035	0,003	7,513	0,027
Sal (Metilato de Sodio)	2,352E-16	9,850E-17	5,028E-14	9,308E-16
Metanol	0,030	0,021	6,367	0,199

Corriente	6	1.066,230	kg/h
		12,027	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Glicerol	0,921	0,887	982,075	10,664
Agua	0,002	0,009	2,036	0,113
MONG (Ácido Linoleico)	0,017	0,005	18,087	0,064
Sal (Metilato de Sodio)	0,060	0,099	64,000	1,185

Metanol	3,141E-05	8,690E-05	0,033	0,001
----------------	-----------	-----------	-------	-------

Tabla 4.7 Composición corriente 2,5 y 6.

4.3.3 Balance de energía Evaporador al vacío (EV-01).

Con el fin de lograr la evaporación, se utiliza vapor de agua saturado a 115°C. El calor latente de vaporización a esta temperatura se obtuvo de tablas de vapor de agua saturado. Para los datos de entalpía de las corrientes se utilizó el software CHEMCAD.

$$3 * \Delta \hat{H}_3 = 6 * \hat{H}_6 + 5 * \hat{H}_5 - 2 * \hat{H}_2$$

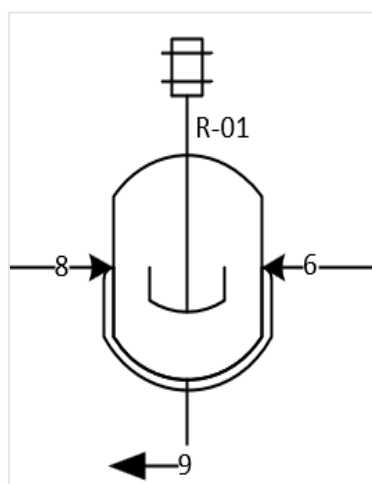
Ecuación 4.1 Balance de energía (EV-01).

			T(°C)
5	213,770	kg/h	115
5*$\hat{H}_5$	-666,853	kW	
6	1.066,230	kg/h	115
6*$\hat{H}_6$	-2.071,694	kW	
2	1.280,000	kg/h	25
2*$\hat{H}_2$	-2.938,309	kW	
6* $\hat{H}_6$ +5* $\hat{H}_5$ -2* $\hat{H}_2$ =		199,762 kW	
3=4	323,973	kg	115
$\Delta \hat{H}_3 = \Delta \hat{H}_4$	0,617	kW/kg	

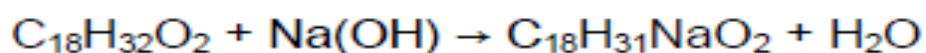
Tabla 4.8 Contenidos entálpicos corrientes 2,3,4, 5 y 6.

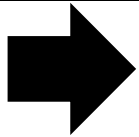
4.3.4 Balance de masa Reactor tanque agitado (R-01).

La reacción principal que se lleva a cabo en este equipo es la transformación del Ácido linoleico en Linoleato de sodio, gracias a la presencia de hidróxido de sodio.



Reacción:



Componente	Ácido Linoleico	Hidróxido de sodio		Linoleato de sodio	Agua
Caudal molar (kmol/h)	0,064	0,064		0,064	0,064

$$6 + 8 = 9 = 1.066,23 \frac{kg}{h} + 5,159 \frac{kg}{h} = 1.071,389 \frac{kg}{h}$$

Corriente	6	1.066,230	kg/h	
		12,027	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Glicerol	0,921	0,887	982,075	10,664
Agua	0,002	0,009	2,036	0,113
MONG (Ácido Linoleico)	0,017	0,005	18,087	0,064
Sal (Metilato de Sodio)	0,060	0,099	64,000	1,185
Metanol	0,000	0,000	0,033	0,001

Corriente	8	5,159	kg/h		
		0,208	kmol/h		
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)	PM(kg/k mol)
Hidróxido de Sodio	0,500	0,310	2,580	0,064	40,000
Agua	0,500	0,690	2,580	0,143	18,000

Corriente	9	1.071,389	kg/h		
		12,235	kmol/h		
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)	PM(kg/k mol)
Linoleato de sodio	0,018	0,005	19,503	0,064	302,400
Agua	0,005	0,026	5,775	0,321	18,000
Glicerol	0,917	0,872	982,071	10,664	92,094
Sal (Metilato de Sodio)	0,060	0,097	64,008	1,185	54,030
Metanol	0,000	0,000	0,033	0,001	32,040

Tabla 4.9 Composición corriente 6,8 y 9.

4.3.5 Balance de energía Reactor tanque agitado (R-01).

Ecuación General del Balance de Energía:

$$\Delta E = -\Delta[(H^{\wedge} + K^{\wedge} + \phi^{\wedge})m] + Q + Weje$$

Ecuación 4.2 Balance general de Energía (R-01).

Para poder llevar a cabo el balance de energía de este equipo se tienen en cuenta las siguientes suposiciones:

- Teniendo en cuenta la muy efectiva aislación del recipiente se puede considerar que no hay transferencia de energía con el medioambiente, por lo que se supone reactor Adiabático ($Q=0$)
- Ya que no existe en este sistema energía Cinética y Potencial, las mismas se desprecian ($K=0$; $\phi=0$)
- La reacción es exotérmica e irreversible
- Presión constante e igual a 1 atm ya que no se liberan vapores o sustancias que hagan modificar la presión dentro del recipiente.

Por lo que el calor producido por la reacción química es igual al calor sensible que sufre la mezcla:

$$mr * \Delta Hr = 6 * cp6 * (Tf - Te6) + 8 * cp8 * (Tf - Te8)$$

Ecuación 4.3 Balance simplificado de Energía(R-01).

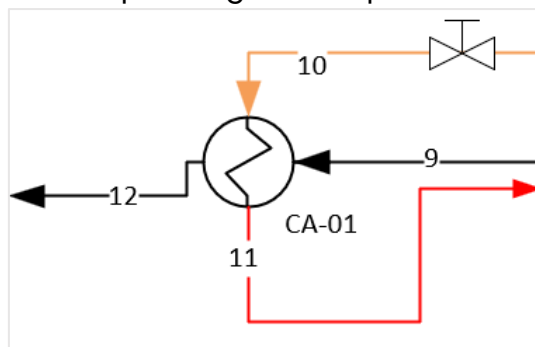
6	1.066,230	kg/h
cp6	2,780	kJ/kg*k
Tf	386,985	k
	113,985	°C
Te6	115,000	°C
	388,000	k
8	5,159	kg/h
cp8	3,200	kJ/kg*k
Te8	25,000	°C
	298,000	k
mr	20,667	kg/h
ΔHr	-105,800	kJ/kg
Weje	648,000	kJ/h

Tabla 4.10 Contenidos entálpicos puestos en juego en el reactor (R-01).

4.3.6 Balance de energía Intercambiador de calor (CA-01).

Para favorecer la separación de glicerina de los demás componentes, es importante que la corriente que sale del reactor ingrese a la columna de

destilación en su punto de burbuja. Por lo que previo al destilador, se coloca un intercambiador de calor para lograr esta premisa.



$$10 * \Delta \hat{H}_{10} = 9 * cp_9 * (T_f - T_e)$$

Ecuación 4.4 Balance de energía (CA-01).

$$9 = 12 = 1.071,389 \frac{kg}{h}$$

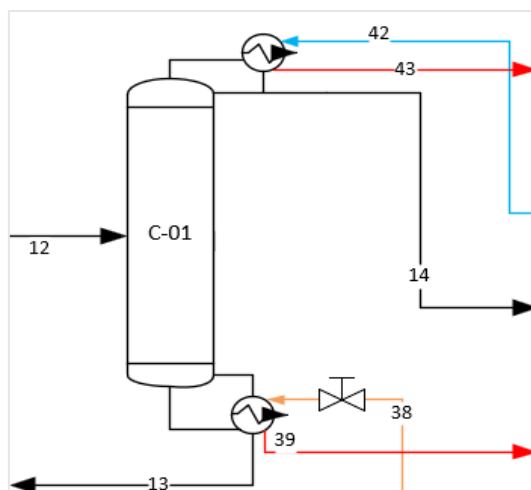
$$10 = 99,941 \frac{kg}{h} \text{ vapor de agua saturado} = 11 = 99,941 \frac{kg}{h} \text{ líquido de agua saturado}$$

9=12	1.071,389	kg/h
	0,298	kg/s
cp₉	2,371	kJ/kg*k
T_f	201,118	°C
	474,118	k
T_e	113,768	°C
	386,768	k
10=11	99,941	kg/h
ΔĤ₁₀=ΔĤ₁₁	0,617	kW/kg

Tabla 4.11 Contenidos entálpicos puestos en juego en el CA-01.

4.3.7 Balance de masa Columna de destilación (C-01).

La destilación es la operación más importante de este proceso. Involucra la columna C-01, la cual cuenta con un Reboiler y un Condenser. Se simuló con el software CHEMCAD.



$$12 = 1.071,389 \frac{kg}{h} = 13 + 14 = 198,96 \frac{kg}{h} + 872,429 \frac{kg}{h}$$

$$38 = 761,985 \frac{kg}{h} \text{ vapor de agua saturado} = 39$$

$$= 761,985 \frac{kg}{h} \text{ líquido de agua saturado} \frac{kg}{h}$$

$$42 = 17.354,571 \frac{kg}{h} \text{ agua de enfriamiento} = 43 = 17.354,571 \frac{kg}{h} \text{ agua caliente} \frac{kg}{h}$$

Corriente	12=9	1.071,389	kg/h
		12,235	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,018	0,005	19,503	0,064
Agua	0,005	0,026	5,775	0,321
Glicerol	0,917	0,872	982,071	10,664
Sal (Metilato de Sodio)	0,060	0,097	64,008	1,185
Metanol	0,000	0,000	0,033	0,001

Corriente	13	198,960	kg/h
		2,500	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,097	0,025	19,299	0,063
Agua	0,000	0,000	0,000	0,000
Sal (Metilato de Sodio)	0,323	0,475	64,264	1,188
Glicerol	0,580	0,500	115,397	1,250

Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000
---------	-------	-------	-------	-------

Corriente	14	872,429	kg/h	
		9,735	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,000	0,000	0,000	0,000
Agua	0,007	0,037	6,107	0,355
Sal (Metilato de Sodio)	0,000	0,000	0,000	0,000
Glicerol	0,993	0,963	866,322	9,375
Metanol	0,000	0,000	0,033	0,001

Tabla 4.12 Composición corriente 12,13 y 14.

4.3.8 Balance de energía Columna de destilación (C-01).

$$12 * \hat{H}_{12} + \Delta H_{reb} + \Delta H_{cond} = 13 * \hat{H}_{13} + 14 * \hat{H}_{14}$$

Ecuación 4.5 Balance de energía (C-01).

			T(°C)
12	1.071,389	kg/h	201,12
12*Ĥ₁₂	-2.177,662	kW	
12*Ĥ₁₂+ΔH_{reb}+ΔH_{cond}	-2.315,2	kW	
13	198,960	kg/h	129,33
13*Ĥ₁₃	-573,694	kW	
14	872,429	kg/h	
14*Ĥ₁₄	-1.741,526	kW	36,4
13*Ĥ₁₃+14*Ĥ₁₄	-2.315,2	kW	

Tabla 4.13. Contenido entálpicos involucrados en C-01.

$$38 * \Delta H_{lat} = \Delta H_{reb}$$

Ecuación 4.6 Balance de energía Reboiler de C-01.

ΔH_{reb}	469,840	kW
38=39	761,985	kg/h
ΔH_{lat}	0,617	kW/kg

Tabla 4.14 Requerimientos energéticos Reboiler de C-01.

$$42 * C_{p42} * (T_f - T_e) = \Delta H_{cond}$$

Ecuación 4.7 Balance de energía Condenser de C-01.

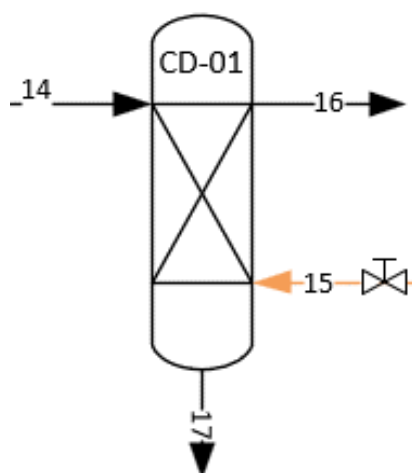
42=43	17.354,571	kg/h
ΔH_{cond}	-607,410	kW
C_{p42}	0,001	Kw/kg*K

Tf	55,000	°C
	328,000	K
Te	25,000	°C
	298,000	K

Tabla 4.15 Requerimientos energéticos Condenser de C-01.

4.3.9 Balance de masa Columna de desodorizado (CD-01).

En esta operación se eliminan las trazas de compuestos que confieren olor y sabor al producto. Consiste en una destilación por arrastre gracias a la inyección de vapor en contracorriente. Se simuló en el software CHEMCAD.



$$14 + 15 = 872,429 \frac{kg}{h} + 2.024 \frac{kg}{h} = 16 + 17 = 2.036,47 \frac{kg}{h} + 859,959 \frac{kg}{h} = 2.896,429 \frac{kg}{h}$$

Corriente	14	872,429	kg/h	
		9,735	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,000	0,000	0,000	0,000
Agua	0,007	0,037	6,107	0,355
Sal (Metilato de Sodio)	0,000	0,000	0,000	0,000
Glicerol	0,993	0,963	866,322	9,375
Metanol	0,000	0,000	0,033	0,001

Corriente	15	2.024,000	kg/h
		112,444	kmol/h

Componentes	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Vapor de Agua	2.024,000	112,444

Corriente	16	2.036,470	kg/h
		113,137	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,000	0,000	0,000	0,000
Agua	0,990	0,998	2.016,105	112,911
Sal (Metilato de Sodio)	0,000	0,000	0,000	0,000
Glicerol	0,010	0,002	20,365	0,226
Metanol	0,000	0,000	0,084	0,003

Corriente	17	859,959	kg/h
		9,455	kmol/h

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,000	0,000	0,000	0,000
Agua	0,003	0,015	2,580	0,142
Sal (Metilato de Sodio)	0,000	0,000	0,000	0,000
Glicerol	0,997	0,985	857,379	9,313
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 4.16 Composición corriente 14,15,16 y 17.

4.3.10 Balance de energía Columna de desodorizado (CD-01).

$$14 * \hat{H}_{14} + 15 * \hat{H}_{15} = 16 * \hat{H}_{16} + 17 * \hat{H}_{17}$$

Ecuación 4.8 Balance de energía CD-01.

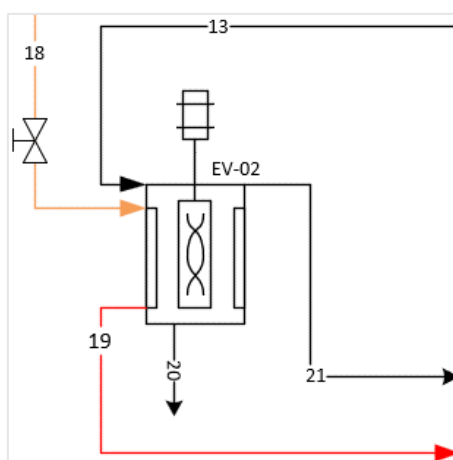
			$T(^{\circ}\text{C})$
14	872,429	kg/h	36,4
14* $\hat{H}_{14}$	-1.741,5260	kW	
15	2.024,000	kg/h	115
$\hat{H}_{15}$	0,617	kW/kg	
15* $\hat{H}_{15}$	1.247,9984	kW	
16	2.036,470	kg/h	51,3
16* $\hat{H}_{16}$	1.194,498	kW	
17	859,959	kg/h	

$17 \cdot \hat{H}17$	-1.688,043	kW	74,8
$14 \cdot \hat{H}14 + 15 \cdot \hat{H}15$	-493,5	kW	
$16 \cdot \hat{H}16 + 17 \cdot \hat{H}17$	-493,5	kW	

Tabla 4.17 Contenidos entálpicos contenidos en CD-01.

4.3.11 Balance de masa Evaporador de película fina (EV-02).

Con este equipo lo que se busca es recuperar la glicerina de la cola de la destilación proveniente de C-01 y obtener glicerina USP, de manera de aumentar el rendimiento del proceso. La operación se simuló en el software CHEMCAD.



$$13 = 198,96 \frac{kg}{h} = 20 + 21 = 83,781 \frac{kg}{h} + 115,179 \frac{kg}{h}$$

$$18 = 25,987 \frac{kg}{h} \text{ vapor de agua saturado} = 19$$

$$= 25,987 \frac{kg}{h} \text{ líquido de agua saturado} \frac{kg}{h}$$

Corriente	13	198,960	kg/h	
		2,500	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,097	0,025	19,299	0,063
Agua	0,000	0,000	0,000	0,000
Sal (Metilato de Sodio)	0,323	0,475	64,264	1,188
Glicerol	0,580	0,500	115,397	1,250
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

Corriente	21	115,179	kg/h	
		1,251	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,002	0,000	0,039	0,000
Agua	0,000	0,000	0,000	0,000
Sal (Metilato de Sodio)	0,001	0,001	0,090	0,002
Glicerol	0,997	0,999	115,051	1,249
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

Corriente	20	83,781	kg/h	
		1,255	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,230	0,051	19,261	0,064
Agua	0,000	0,000	0,000	0,000
Sal (Metilato de Sodio)	0,766	0,946	64,174	1,188
Glicerol	0,004	0,003	0,346	0,004
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 4.18 Composición corriente 13,20 y 21.

4.3.12 Balance de energía Evaporador de película fina (EV-02).

$$18 * \Delta H_{18} = 21 * \hat{H}_{21} + 20 * \hat{H}_{20} - 13 * \hat{H}_{13}$$

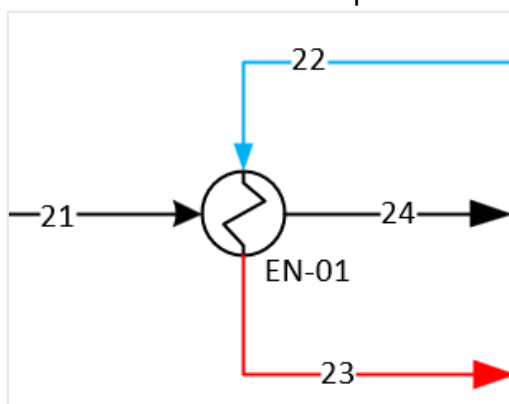
Ecuación 4.9 Balance de energía EV-02.

			T(°C)
21	115,179	kg/h	285,2
21* $\hat{H}_{21}$	-187,275	kW	
20	83,781	kg/h	285,2
20* $\hat{H}_{20}$	-461,663	kW	
13	198,960	kg/h	129,3
13* $\hat{H}_{13}$	-664,973	kW	
18=19	25,987	kg/h	115
$\Delta \hat{H}_{18} = \Delta \hat{H}_{19}$	0,617	kW/kg	

Tabla 4.19 Contenidos entálpicos involucrados en EV-02.

4.3.13 Balance de energía Intercambiador de calor (EN-01).

La corriente de vapor rica en glicerina debe condensarse y enfriarse para ser enviada a las columnas de blanqueo ya que, temperaturas superiores a los 100°C dañan el relleno de dichas columnas. Operación simulada en CHEMCAD.



$$22 * Cp_{22} * (T_f - T_e) = 21 * \hat{H}_{21} - 24 * \hat{H}_{24}$$

Ecuación 4.10 Balance de energía EN-01.

$$21 = 24 = 115,179 \frac{kg}{h}$$

			T (°C)
21	115,179	kg/h	285,2
21*$\hat{H}_{21}$	-187,275	kW	
24	115,179	kg/h	74,8
24*$\hat{H}_{24}$	-224,837		
22=23	1.073,186	kg/h	
Cp 22	0,001	Kw/kg*K	
Tf	55,000	°C	
	328,000	K	
Te	25,000	°C	
	298,000	K	

Tabla 4.20 Contenidos entálpicos involucrados en EN-01.

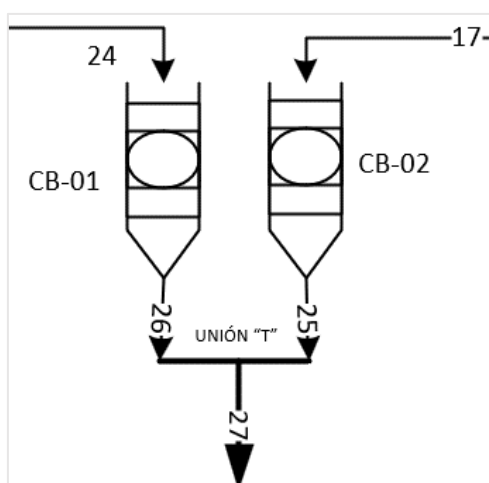
Despejando de la Ecuación 4.10 la corriente 22, obtenemos la cantidad de agua de enfriamiento a utilizar:

$$22 = 1.073,186 \frac{kg}{h} \text{ agua de enfriamiento} = 23 = 1073,186 \frac{kg}{h} \text{ agua caliente}$$

4.3.14 Balances de masa y energía columnas de blanqueo (CB-01 y CB-02).

Tanto el balance de masa como el de energía para estos equipos es despreciable, ya que sólo se eliminan trazas de compuestos que le confieren color a la glicerina. Gracias a las columnas de blanqueo se consigue el Color requerido por la USP que es Color APHA=10 (incoloro).

A continuación, se muestra el balance de masa de la unión en "T" que se encuentra posterior a las columnas CB-01 y CB-02. Las corrientes 25 y 26 se unen ya que poseen misma composición y temperatura.



4.3.15 Balances de masa "Unión en T".

$$24 = 26 = 115,179 \frac{kg}{h}$$

$$17 = 25 = 859,959 \frac{kg}{h}$$

$$25 + 26 = 27 = 975,138 \frac{kg}{h} \text{ GLICERINA USP}$$

Corriente	26=24	115,179	kg/h	T=74,8 °C
		1,251	kmol/h	
Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,002	0,000	0,039	0,000
Agua	0,000	0,000	0,000	0,000

Sal (Metilato de Sodio)	0,001	0,001	0,090	0,002
Glicerol	0,997	0,999	115,051	1,249
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

Corriente	25=17	859,959	kg/h	T=74,8 °C
		9,455	kmol/h	

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,000	0,000	0,000	0,000
Agua	0,003	0,015	2,580	0,142
Sal (Metilato de Sodio)	0,000	0,000	0,000	0,000
Glicerol	0,997	0,985	857,379	9,313
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

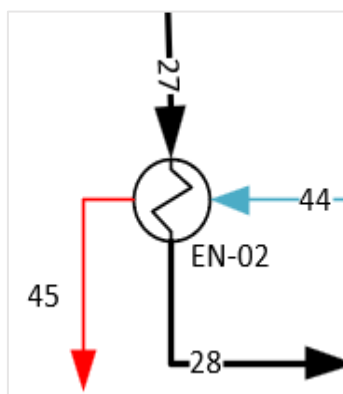
Corriente	27	975,138	kg/h	T=74,8 °C
		10,704	kmol/h	

Componentes	Fracción másica	Fracción molar	Caudal másico (kg/h)	Caudal molar (kmol/h)
Linoleato de sodio	0,000	0,000	0,039	0,000
Agua	0,003	0,013	2,580	0,143
Sal (Metilato de Sodio)	0,000	0,000	0,090	0,002
Glicerol	0,997	0,986	972,430	10,559
Metanol	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 4.21 Composición corriente 25,26 y 27.

4.3.16 Balance de energía Intercambiador de calor (EN-02).

El intercambiador de calor EN-02 tiene el objetivo de enfriar la glicerina USP proveniente de las columnas de blanqueo CB-01 y CB-02, para así poder ser almacenada como producto final. La simulación se efectuó en CHEMCAD.



$$44 * C_p 44 * (T_f - T_e) = 27 * \hat{H}_{27} - 28 * \hat{H}_{28}$$

Ecuación 4.11 Balance de energía EN-02.

$$27 = 28 = 975,138 \frac{kg}{h}$$

			T(°C)
27	975,138	kg/h	74,8
27*Ĥ27	-1.913,892	kW	
28=27	975,138	kg/h	25
28*Ĥ28	-1.942,580		
44=45	819,657	kg/h	
Cp 44	0,001	Kw/kg*K	
Tf	55,000	°C	
	328,000	K	
Te	25,000	°C	
	298,000	K	

Tabla 4.22 Contenidos entálpicos involucrados en EN-02.

Despejando de la Ecuación 4.11 la corriente 44, obtenemos la cantidad de agua de enfriamiento a utilizar:

$$44 = 819,657 \frac{kg}{h} \text{ agua de enfriamiento} = 45 = 819,657 \frac{kg}{h} \text{ agua caliente}$$

4.4 Plan de producción

El proceso productivo comienza con la llegada de materia prima (glicerol crudo) en camion cisterna al lugar de la planta. Los mismos son pesados en la báscula perteneciente al proveedor y luego el peso es verificado en la báscula que posee el parque industrial, registrándose el peso de material de cada uno, así como datos del camión y chofer.

Una vez que el camión ingresa a la planta, se posicionará en la dársena ubicada frente a los tanques de almacenamiento, y luego mediante bombas, la materia prima se transferirá a los mismos.

La materia prima principal (glicerol crudo) será bombeado desde el tanque de almacenamiento principal al evaporador de circulación natural cuyo tiempo de residencia es de 1 hora. En el mismo se evapora prácticamente la totalidad del metanol que contiene el glicerol. Luego la corriente principal de glicerina es enviada al reactor tanque agitado y la misma se mezcla con

NaOH al 50% para reaccionar en el mismo y transformar el MONG (materia orgánica no glicerosa) en sales más fácilmente eliminables en una etapa posterior, esta reacción se lleva a cabo en 2 horas.

El glicerol neutralizado es llevado a la columna de destilación, donde se busca obtener una corriente rica en glicerina, eliminando las impurezas tales como agua, sales no glicerinosas, etc. Dicho equipo posee un tiempo de residencia de 1 hora.

El glicerol no condensable, junto con el resto de sales y agua, es eliminado por el fondo de la columna, donde es llevado a un evaporador de película fina para recuperar el glicerol remanente de la columna de destilación. El evaporador de película fina tiene un tiempo de residencia de aproximadamente 10 minutos.

La corriente rica en glicerina proveniente del tope de la columna de destilación es enviada a la columna de desodorizado, con tiempo de residencia de 1 hora. Posteriormente, es enviada a la columna de blanqueamiento, donde se encuentra con la corriente de glicerina recuperada del evaporador de película fina, el tiempo de residencia en este equipo es de 2 horas.

Finalmente, la Glicerina grado USP es almacenada en un tanque intermedio y luego bombeada a la llenadora/envasadora de tambores, en la cual se llenan y envasan 144 barriles de 200 Lts por día.

Para cumplir con los requerimientos de producción de 7.021 Tn anuales de Glicerina USP la empresa trabajará las 24 horas al día, dividido en 3 turnos de trabajo durante 6 días a la semana. Los turnos de trabajo serán de 06:00 a 14:00, de 14:00 a 22:00 y de 22:00 a 06:00.

El Convenio Colectivo de Trabajo 387/04 y 388/04 para trabajadores del complejo industrial oleaginoso es el que nuclea a los operarios de producción, mantenimiento, autoelevadoristas y analistas de calidad. El resto del personal se encuentra fuera de convenio.

Etapas	Equipos	Tiempo de residencia (horas)	Cantidad de operarios por turno	Total
Descarga	Bomba	5,6	1	3

Evaporación	Evaporador de circulación natural	1	1	3
	Evaporador de película delgada	10 min		
Neutralización	Tanque agitado	2	1	3
Destilación	Columna de destilación	1	1	3
Desodorización	Columna de desodorización	1	1	3
Blanqueador	Columna de blanqueamiento	2		
Envasado	Llenadora/Envasadora de Tambores	N/A	1	3
Almacenaje	Autoelevador	N/A	1	3
Servicios Auxiliares	Caldera	N/A	1	3
		Total	8	24

4.5 BIBLIOGRAFÍA

[1] Posada Duque , J. A. & Cardona Alzate, C. A., 2010. Análisis de la refinación de glicerina obtenida como co-producto en la obtención de biodiesel.

[2] Properties, Applications, History, and Market. En M. Pagliaro, *Glycerol: The Renewable Platform Chemical*, 2017.

[3] POSADA, J. A.; CARDONA, C. A. y RINCÓN, L. E. Sustainable biodiesel production from palm using in situ produced glycerol and biomass for raw bioethanol. Society for Industrial Microbiology. 32nd symposium on biotechnology for fuels and chemicals. Clearwater Beach, Florida, 19-22 de abril de 2010.

[4] Glycerine Specifications, SRS ENGINEERING CORPORATION: <http://www.srsbiodiesel.com/GlycerinSpecifications.aspx>

[5] Glycerin Refining, Crown Company. https://www.europacrown.com/wp-content/uploads/2018/01/glycerin_refining.pdf

[6] Destilacion, Ingeniería Bernoulli: <https://www.ibernoulli.com/epda>



CAPITULO V

APARATOS Y EQUIPOS

5 CAPÍTULO V: APARATOS Y EQUIPOS

5.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se especificará cada uno de los equipos utilizados en el proceso, (sus características técnicas, dimensiones, precio, entre otras) indicando el criterio de selección utilizado para cada uno de los mismos y respetando los balances de masa y energía del capítulo anterior. Se explicará también el diseño de dos equipos del proceso, el tanque agitado (R-01) y la columna de destilación (C-01). Para el resto de los equipos involucrados se elegirá en el mercado el que mejor se adapte a los requerimientos dictaminados por los balances, teniendo en cuenta simultáneamente el aspecto económico.

La mayoría de los equipos son provistos por la empresa MUEZ HEST, la cual es una de las empresas de refinería oleo-química más grande del mundo [5]. Ofrece el suministro de equipos completamente a medida, brindando servicio de llave en mano poniendo énfasis en los requerimientos del cliente, la rentabilidad y la durabilidad. La propuesta se puede encontrar en el pdf PROPUESTA PLANTA DE DESTILACIÓN GLICERINA GRADO PHARMA MUEZ HEST.pdf, en la página 7 comienza la descripción de los equipos y en la 26 la cotización de los mismos.

5.2 TANQUES

Será necesario el dimensionamiento de 3 tanques de almacenamiento destinados al almacenaje tanto de las materias primas (glicerol crudo y solución de NaOH) como el de glicerina USP, además, se incluye el diseño del tanque de pretratamiento donde se lleva a cabo la reacción entre la soda cáustica y el glicerol crudo (R-01).

5.2.1 Tanque de almacenamiento solución de NaOH (t-02).

Para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de NaOH al 50% p/p se deben tener en cuenta los siguientes datos:

Densidad NaOH al 50% p/p: 1500 kg/m³

Tiempo de residencia máximo en el tanque: 600 hs (1 mes)

Caudal de NaOH: 5,159 kg/h

Volumen de líquido:

$$V_{Liq} = \frac{m}{\rho} = \frac{5.159 \frac{kg}{h} * 600 hs}{1500 \frac{kg}{m^3}} = 2,06 m^3 = 2060 l$$

Volumen del tanque:

$$V = \frac{V_{Liq}}{0,7} = 2,948 m^3 = 2948 l \cong 3000 l$$

- Material: AISI 304
- Espesor = 2 mm
- Espesor fondo = 2,5 mm
- Capacidad aproximada = 3.054 lts
- Diámetro = 1.400 mm
- Altura total = 1.960 mm
- Proveedor: Santo Líquidos Productos Industriales [6]

Precio = U\$S1.150



Figura 5.1 Tanque almacenamiento solución NaOH.

5.2.2 Tanque de almacenamiento de glicerol crudo (T-01).

Para el dimensionamiento del tanque de glicerol crudo tenemos en cuenta los siguientes datos:

Densidad glicerol crudo: 1186 kg/m³

Tiempo de residencia máximo en el tanque: 48 hs

Caudal de glicerol crudo: 1280 kg/h

Volumen de líquido:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1.280 \frac{kg}{h} * 48 hs}{1186 \frac{kg}{m^3}} = 51,80 m^3 = 51800 L$$

Volumen del tanque:

$$V = \frac{V_{Liq}}{0,7} = 74 m^3 = 74.000 l \cong 75.000 l$$

- Material: AISI 304
- Espesor = 5 mm
- Capacidad aproximada = 75.530 lts
- Diámetro = 3.750 mm
- Altura total = 7.050 mm
- Proveedor: Santo Líquidos Productos Industriales [6]

Precio = U\$S23.000



Figura 5.2 Tanque almacenamiento glicerol crudo.

5.2.3 Tanque de almacenamiento de glicerina usp (T-03).

Para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de glicerina USP tenemos en cuenta los siguientes datos:

Densidad glicerina USP: 1258 kg/m³

Tiempo de residencia máximo en el tanque: 24 hs.

Caudal de glicerina grado técnico: 972,43 kg/h

Volumen de líquido:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{972,43 \frac{kg}{h} * 24 hs}{1.258 \frac{kg}{m^3}} = 18,55 m^3 = 18.550 L$$

Volumen del tanque:

$$V = \frac{V_{Liq}}{0,7} = 26,50 m^3 = 26.500 L \cong 27.000 l$$

- Material: AISI 304
- Espesor = 3 mm
- Capacidad aproximada = 30.360 lts
- Diámetro = 2.750 mm
- Altura total = 4.930 mm
- **Proveedor: Santo Líquidos Productos Industriales [6]**

Precio = U\$S 11.000



Figura 5.3 Tanque almacenamiento Glicerol USP.

5.2.4 Tanque agitado pretratamiento de Glicerol Crudo (R-01).

A continuación, se muestra el diseño del tanque de reacción entre la soda cáustica (NaOH al 50% p/p) y el glicerol crudo.

5.2.4.1 Cálculo del volumen del tanque

El diseño y dimensionamiento del tanque se basó en Geankópolis 3ra edición.

La fórmula para la determinación del volumen del tanque es la siguiente:

$$V_{liq} = \tau * m/\rho$$

donde:

τ = Tiempo de residencia en el tanque, basado en el tiempo necesario para la reacción (A. Rocha-Urbe y E. Hernández, Revista Mexicana de Ingeniería Química)

m = masa de las corrientes involucradas

ρ = Densidad de la mezcla (dato estimado de Chemcad)

$$V_{liq} = (2 \text{ h} * 1.071,389 \text{ kg/h}) / 1.166,570 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{liq} = 1,837 \text{ m}^3$$

teniendo en cuenta:

$$V_{tanque} = V_{liq} * (1 + F_s)$$

donde F_s = Factor de seguridad = 0,8 (Geankópolis, Proceso de transporte y operaciones unitarias, 3era Edición)

$$V_{tanque} = 2,388 \text{ m}^3$$

5.2.4.2 Cálculo de las dimensiones del tanque

Con las proporciones geométricas para un sistema de agitación normal (Geankópolis, Proceso de transporte y operaciones unitarias) se calcula el resto de dimensiones del tanque:

$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ a } 0.5$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$	$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$
$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$	$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$	$\frac{J}{K} = 10$

Figura 5.4 Proporciones geométricas para sistema de agitación normal (Geankópolis).

Diam. agitador $D_a = 0,579 \text{ m}$

Ancho de las aspas $W = 0,116 \text{ m}$

Longitud de las aspas $L = 0,145 \text{ m}$

Longitud de las barra de sostén de las aspas $D_d = 0,386 \text{ m}$

Distancia del agitador al fondo del tanque = 0,483, m

Nº deflectores = 4

Ancho del deflector J = 0,121 m

Distancia deflector/tanque K = 0,012 m3

5.2.4.3 Cálculo de la potencia del agitador

Para el cálculo de la potencia requerida del agitador para lograr una agitación eficiente nos basamos en el diseño propuesto en Geankópolis, Proceso de transporte y operaciones unitarias [4]:

En primer lugar, se calcula el Número de Reynolds como:

$$N^{\circ}Re = \frac{Da^2 * N * \rho}{\mu}$$

donde:

Da = Diámetro del agitador

N = Velocidad del agitador = 90 rpm

ρ = Densidad de la mezcla = 1.166,57 kg/m3

μ = Viscosidad de la mezcla = 6,324 cP

Los datos de densidad y viscosidad son proporcionados por el simulador Chemcad.

$$N^{\circ}Re = 92.913,081$$

Con el número de Reynolds en abscisas se corta la curva correspondiente al tipo de agitador elegido, en nuestro caso es un agitador tipo propulsor (curva 4) y se lee en ordenadas el Número de Potencia:

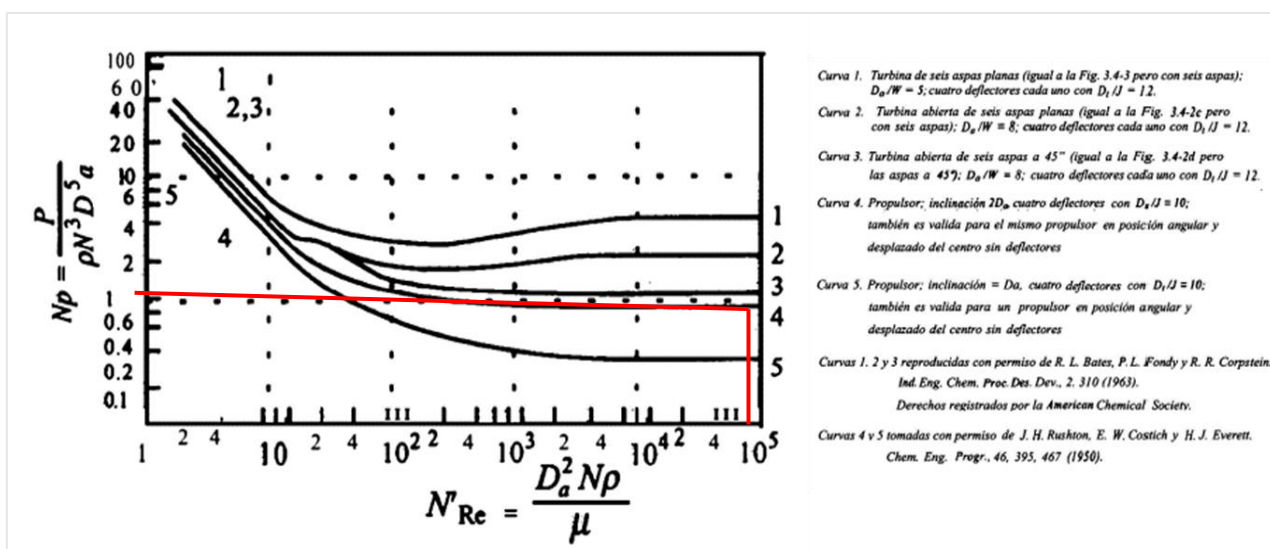


Figura 5.5 Relación gráfica entre N° de Reynolds y N° de Potencia para distintos tipos de agitadores (Geankópolis)

Número de Potencia $N_p = 1$

De la fórmula del número de potencia, despejamos la potencia requerida del agitador seleccionado:

$$P = N_p * N^3 * Da^5 * \rho$$
$$P = 180.07 \text{ J/s} = 0,180 \text{ kW} = 0,241 \text{ HP}$$

El tanque que más se asemeja a nuestros requerimientos, tanto por tipo de agitador proporcionado, como por dimensiones del mismo y materiales de construcción, es el provisto por la empresa Mixing Process. El mismo posee las siguientes características:

Reactor industrial marca MIXING PROCESS, modelo TR2500 [7]

- Capacidad= 2.500 lts útiles, 2700 lts totales,
- Material: AISI 316,
- Con tapas rebatibles y puente para sistema de agitación vertical,
- Casquete Inferior toriesferico.
- Dimensiones generales: Cilindro $\varnothing$ 1500 x Altura: 1600 mm
- Cabezal superior: Tapas rebatibles en AISI 304, con puente central en SAE 1010 + Epoxi, para montaje del agitador.
- Material en contacto con producto: AISI 316.
- Espesor interior: 3 mm



Figura 5.6 Tanque agitado de pretratamiento.

Precio = USD 32.932

En el presupuesto provisto también se especifica el agitador, el cual posee las siguientes características:

Marca MIXING PROCESS® – Agitador Industrial – Tipo: Vertical

MODELO: AV-L4

- Eje agitador: Compuesto por un Eje agitador trafilado y mecanizado
- Largo: 1600 mm aprox – Material: AISI 316.
- Impulsores: Tipo HYDROFOIL (Flujo Axial) de 3 palas a 33° – Material: AISI 316.



Figura 5.7 Agitador de flujo axial de 3 palas a 33°.

Precio= U\$D 8.450

ESPECIFICACIONES REACTOR TANQUE AGITADO			
TANQUE		AGITADOR	
Capacidad (L)	2.700	Impulsor	Hydrofoil de 3 palas a 33°
Diámetro (mm)	1.500	Material	AISI 316
Altura (mm)	1.600	Diámetro Aspás (mm)	520
Material	AISI 316	Potencia (HP)	4
Cabezal inferior	Toriesférico	Velocidad de Salida (rpm)	140
Espesor (mm)	3	Largo Eje (mm)	1.600

Tabla 5.1 Especificaciones reactor tanque agitado

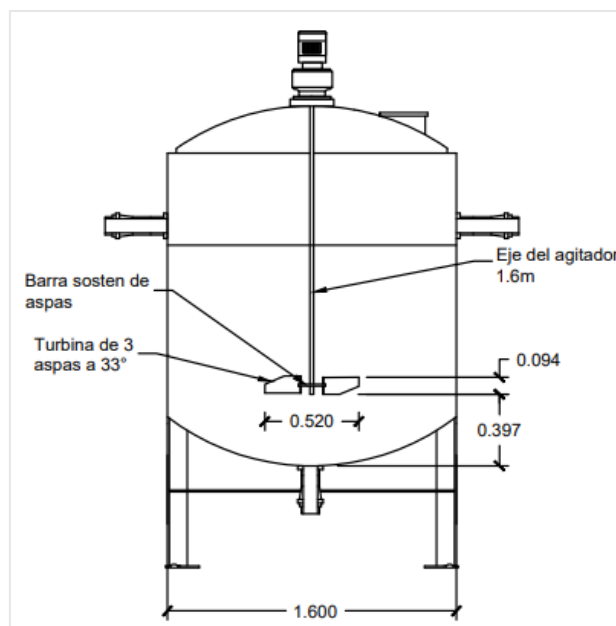


Figura 5.8 Plano correspondiente al reactor tanque agitado

5.3 Columna de destilación

5.3.1 Diseño de la columna de destilación

Se muestra a continuación el diseño de la columna de destilación [8], la cual se encarga de separar una corriente compuesta mayoritariamente por glicerol, la cual sale por el tope de la misma, donde luego dicha corriente se condensa y una parte retorna a la columna mientras, que el resto del destilado continúa a las etapas subsiguientes del proceso. Por el fondo de la columna se eliminan los componentes más pesados junto con una fracción de glicerina, la cual puede ser recuperada enviándola al evaporador de película fina.

Los balances de masa de las corrientes de tope y fondo de la columna se obtuvieron mediante simulación en Chemcad. A partir de los datos proporcionados por el simulador, se genera el diseño mecánico de la columna.

El diseño de la columna se realiza en primera instancia ingresando condiciones de operación y número de platos de la columna:

Numero de platos = 10

Alimentación por plato 5

Relacion de reflujo = 1,5

Presión de trabajo (cabeza de columna) = 0,25 kPa

Con los datos de la corriente de ingreso y condiciones de operación de la columna, el simulador arroja las composiciones y propiedades físicas de las corrientes tanto de tope como de fondo de la columna.

CORRIENTE D (TOPE COLUMNA)	PM	kg/h	Fracción másica	Fracción molar	kmol/h	σ (N/m)	ρ_v (kg/m ³)	ρ_l (kg/m ³)	PM prom
Linoleato de sodio	302,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,007	1248,266	89,377
Agua	18	6,428	0,007	0,037	0,357				
Glicerol	92,094	865,967	0,993	0,963	9,403				
Sal (Metilato de Sodio)	54,03	0,000	0,000	0,000	0,000				
Metanol	32,04	0,033	0,000	1,07E-04	0,001				
TOTAL		872,428	1,000	1,000	9,761				

Tabla 5.2 Composición y propiedades de corriente D.

CORRIENTE B (FONDO DE COLUMNA)	PM	kg/h	Fracción másica	Fracción molar	kmol/h	σ (N/m)	ρ_v (kg/m ³)	ρ_l (kg/m ³)	PM prom
Linoleato de sodio	302,4	19,284	0,097	0,025	0,064	0,03	0,010	1033,842	79,377
Agua	18	0,000	0,000	0,000	0,000				
Glicerol	92,094	115,395	0,580	0,500	1,253				
Sal (Metilato de Sodio)	54,03	64,28	0,323	0,475	1,190				
Metanol	32,04	0	0,000	0,000	0,000				
TOTAL		198,960	1,000	1,000	2,507				

Tabla 5.3 Composición y propiedades de corriente B.

Con los datos de las corrientes arrojados por el simulador, se calculan luego las corrientes de: líquido descendente en la sección de agotamiento (L'), líquido descendente en la sección de rectificación (L) y la corriente de vapor ascendente (V'), que dada la suposición de que la alimentación ingresa como líquido saturado V coincide con V' , es decir la corriente de vapor en la rectificación coincide con la corriente de vapor en agotamiento.

Balance de masa global: $F = D + L$

Balance de masa particular: $F * x_f = D * x_d + B * x_b$

Alimentación: $FL = F * q$

donde q

= 1 por la suposición de que la corriente de alimentación ingresa como líquido saturado

Se supone que al ingresar la corriente de alimentación como líquido saturado, ésta se dirige en su totalidad a la sección de agotamiento, sumándose al líquido que desciende desde la sección de rectificación

Rectificación:

$$R = L/D$$

$$V = L + D$$

Agotamiento:

$$L' = L + FL$$

$$V' = FV - V$$

CORRIENTE V'	24,403	kmol/h
RELACION REFLUJO	1,5	
CORRIENTE L	14,642	kmol/h
	1308,643	kg/h
CORRIENTE L'	26,876655	kmol/h
	2380,0	kg/h

Además, se calculan las composiciones de las corrientes de vapor (V):

CORRIENTE V	PM	kg/h	Fracción molar	kmol/h
Linoleato de sodio	302,4	0,00	0,000	0,000
Agua	18	16,07	0,037	0,893
Glicerol	92,094	2164,92	0,963	23,508
Sal (Metilato de Sodio)	54,03	0,00	0,000	0,000
Metanol	32,04	0,08	1,07E-04	0,003
TOTAL		2181,07	1,000	24,403

Se estima un rendimiento de 0,6 por etapa, y se calcula el número de etapas reales

$$Etapas Reales = \frac{Etapas Ideales}{Rendimiento} = \frac{10}{0,6} = 17$$

Con el número de etapas reales y la caída de presión por plato se estima la caída total de presión en la columna

$$\begin{aligned} \text{Caída de presión} &= 100 \text{ mm por plato} \\ \text{Caída total de la columna} &= 1,7 \text{ wcm} = 16,33 \text{ kPa} \end{aligned}$$

La presión de pie es mayor que la de cabeza, es por ello que el vapor tiende a subir. Mientras que el líquido baja debido a la columna de agua que forma en el vertedero, con cierta carga hidrostática que debe vencer la caída de presión del gas que sube

$$\text{Presión estimada en el pie} = 16,58 \text{ kPa}$$

Se define como aproximación inicial una separación de platos de 0,5 m.

5.3.1.1 Cálculo de diámetro de columna

La condición de inundación fija el límite superior de la velocidad del vapor. Se necesita una alta velocidad de vapor para altas eficiencias, y la velocidad normalmente estará entre el 70 y el 90% de la que provocaría una inundación.

Para el diseño se debe utilizar un valor del 80 al 85% de la velocidad de inundación, por lo que debe calcularse en primera instancia la velocidad de inundación.

$$\mu_f = K1 * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_v}{\rho_v}}$$

Donde

$$\mu_f = \text{velocidad de inundación} \left(\frac{m}{s} \right), \text{ basda en el área neta de sección de columna}$$

$$K1 = \text{constante obtenida gráficamente}$$

Ahora, se procede a calcular el factor de circulación liquido-vapor (FLV) tanto para tope como para el fondo de la columna:

$$F_{LV} = \frac{L_w}{V_w} \sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_L}}$$

Donde:

$$L_w = \text{Flujo masico de liquido}$$

$$V_w = \text{Flujo másico de vapor}$$

$\rho V = \text{Densidad de vapor (provista por el simulador)}$
 $\rho L = \text{Densidad de líquida (provista por el simulador)}$

Con dicho factor y la separación entre platos obtenemos la constante K_1 gráficamente para tope y para fondo de columna.

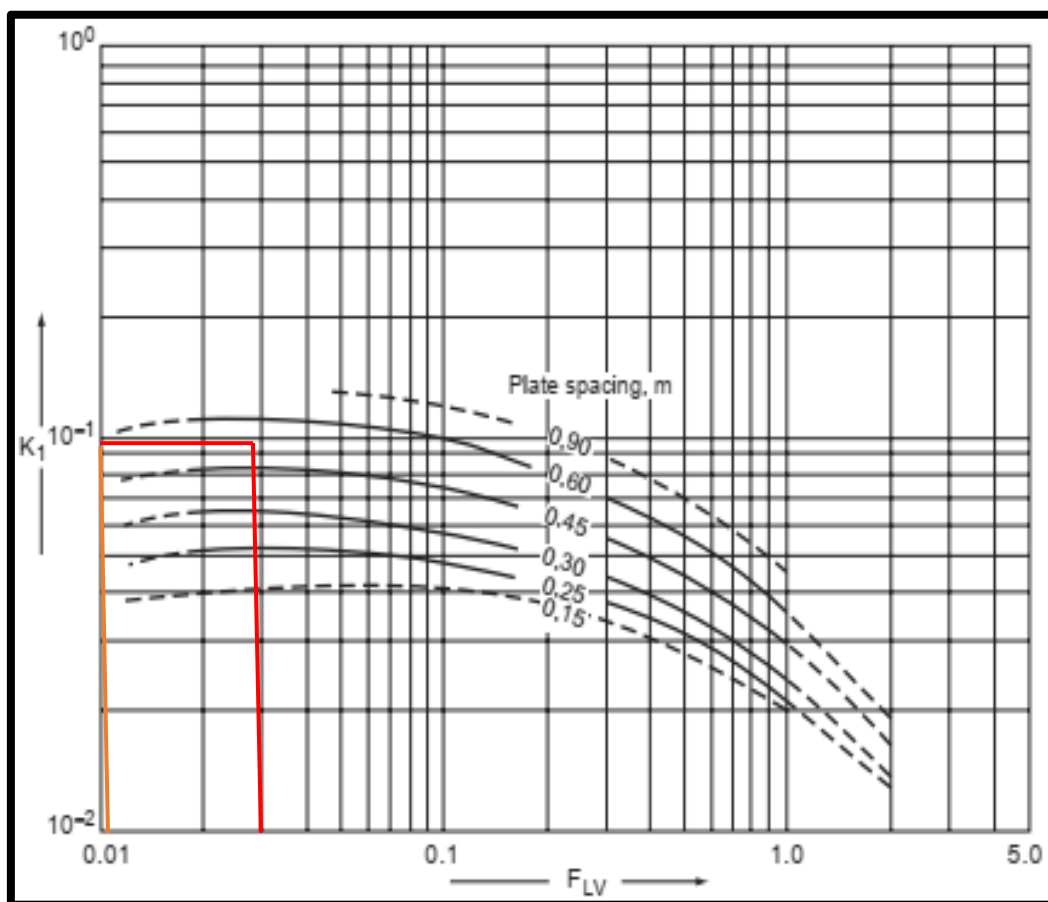


Figura 5.9 Obtención gráfica de K_1 (Sinot-Towler)

Al ser la tensión superficial de las corrientes diferente de 0,02 N/m, se realiza una corrección multiplicando K_1 por $[\sigma/0.02]^{0.2}$

	FLV	k_1	corrección (σ)	k_1'	μF (m/s)	μF (85%)
Tope	0,001	0,07	1,254	0,088	37,607	31,966
Fondo	0,003	0,08	1,084	0,087	27,895	23,711

Se calcula el caudal volumétrico máximo dividiendo el caudal de la corriente V en su densidad de vapor.

	Caudal volumétrico máximo
Tope	89,096 m ³ /s
Fondo	60,585 m ³ /s

Los cambios en el caudal del vapor (del tope respecto al fondo) se pueden compensar ajustando el área de los agujeros, a menudo dejando ciegas algunas filas o agujeros. Solo se podría usar diferentes diámetros de columna donde exista un cambio considerable del caudal.

$$A_{\text{neta}} = Q/\mu F:$$

	Área Neta requerida
Tope	2,79 m ²
Fondo	2,56 m ²

Como primera aproximación, se considera que el área de la bajante corresponde al 12% del área total de la columna, por lo que el área neta requerida representa un 88% del área total.

	Área de columna	Diámetro de columna
Tope	3,17 m ²	2,01 m
Fondo	2,90 m ²	1,92 m

5.3.1.2 Determinación del patrón del flujo de líquido

$$\text{Velocidad volumétrica máx de líquido} = \frac{\text{Caudal masico de líquido}}{3600 * \text{Densidad de la corriente de líquido}}$$

Velocidad volumétrica máxima de líquido	0,006 m ³ /s
--	-------------------------

Luego, gráficamente, con la intersección de la velocidad volumétrica de líquido y el diámetro de columna se determina el patrón del flujo de líquido recomendado, para nuestro caso es **paso simple con flujo cruzado**.

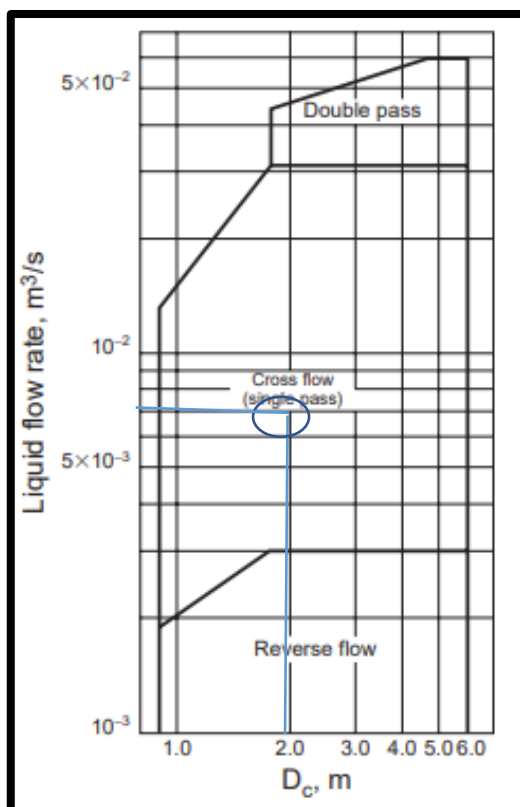


Figura 5.10 Tipo de flujo recomendado (Sinot-Towler).

5.3.1.3 Diseño provisional de plato

Para el diseño de plato como primera instancia se toman las siguientes proporciones:

Área de columna (Ac)	-----	m2
Área de bajante (Ad)	12% Ac	m2
Área neta (An)	Ac – Ad	m2
Área Activa (Aa)	Ac – 2*Ad	m2
Área de orificio (Ah)	10% Aa	m2

Se toma como área de columna la de mayor valor (en este caso la de tope) y se elige el estándar más próximo. Al ser menor el valor de diámetro requerido para el fondo de columna, se tapan agujeros de los platos para hacer equivalencias de área. Quedando los siguientes valores para el plato:

Área de columna (Ac)	3,17	m2
Área de bajante (Ad)	0,38	m2
Área neta (An)	2,79	m2
Área Activa (Aa)	2,407	m2
Área de orificio (Ah)	0,241	m2

Con bajantes segmentarios, la longitud del vertedero fija el área del bajante. La longitud del rebosadero normalmente estará entre 0,6 y 0,85 del diámetro de la columna. Un buen valor inicial a utilizar es 0,77, equivalente a un área de bajante del 12%.

Ingreso con A_d/A_c (12% en este caso), intercepto la curva y encuentro l_w/D_c . Espejo l_w (longitud de vertedero).

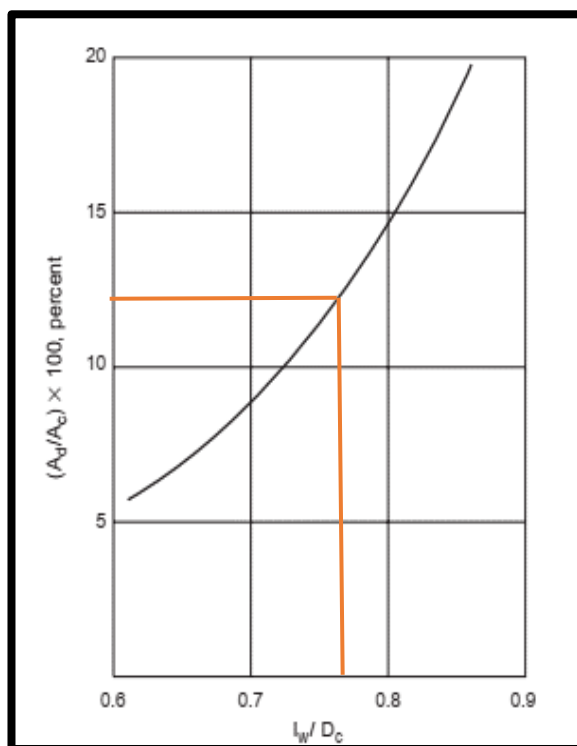


Figura 5.11 Relación grafica entre el área de bajante y l_w/D_c (Sinot – Towler)

$$\text{Longitud de rebosadero} = 0.78 * 2.01 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

Luego se definen el resto de dimensiones del plato:

$$\text{Altura de rebosadero} = 50 \text{ mm}$$

La altura del vertedero determina el volumen de líquido en el plato y es un factor importante para determinar la eficiencia de la placa. Un vertedero alto aumentará la eficiencia de la placa, pero a expensas de una mayor caída de presión en la placa.

Diámetro de orificio = 5 mm

Diámetro de orificio recomendado para cuando no se generan incrustaciones.

Espesor = 5 mm

Espesor recomendado según material del plato.

5.3.1.4 Verificación de lloriqueo

El límite inferior del rango operativo se produce cuando la fuga de líquido a través de los orificios de la placa se vuelve excesiva. Esto se conoce como punto de lloriqueo. La velocidad del vapor en el punto de lloriqueo es el valor mínimo para un funcionamiento estable. El área del orificio debe elegirse de modo que, a la velocidad de operación más baja, la velocidad del flujo de vapor esté todavía muy por encima del punto de lloriqueo.

La velocidad de vapor de diseño mínima viene dada por la ecuación:

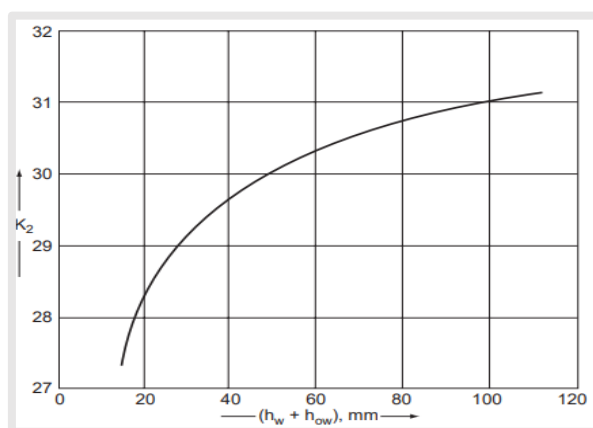
$$u_h = \frac{[K_2 - 0.9 * (25.4 - d_h)]}{(\rho_v)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

u_h = velocidad mínima del vapor a través de los orificios (basada en el área del orificio), m/s;

d_h = diámetro del agujero, mm;

K_2 = una constante, que depende de la profundidad del líquido claro en la placa, el cual se obtiene gráficamente



La altura del líquido claro es igual a la altura del vertedero (h_w) más la altura de la cresta del líquido sobre el vertedero (h_{ow}).

La altura de la cresta del líquido sobre el vertedero se puede estimar utilizando la correlación de Francis.

$$h_{ow} = 750 \left[\frac{L_w}{\rho_L I_w} \right]^{\frac{2}{3}}$$

I_w = Longitud de rebosadero (m)

L_w = Caudal masico de liquido ($\frac{kg}{s}$)

Caudal másico de líquido L_w	0,66	kg/s
--	------	------

Caudal mínimo de líquido (Rend. de retorno 80%)	0,53	kg/s
--	------	------

Se utiliza el mínimo caudal para asegurarse de tener una circulación constante de líquido a lo largo del rebosadero.

how max	4,13	mm
how min (80%)	3,56	mm
hw	50	mm
how + hw	53,56	mm

Con how+hw se calcula gráficamente K_2 con la intersección de la curva:

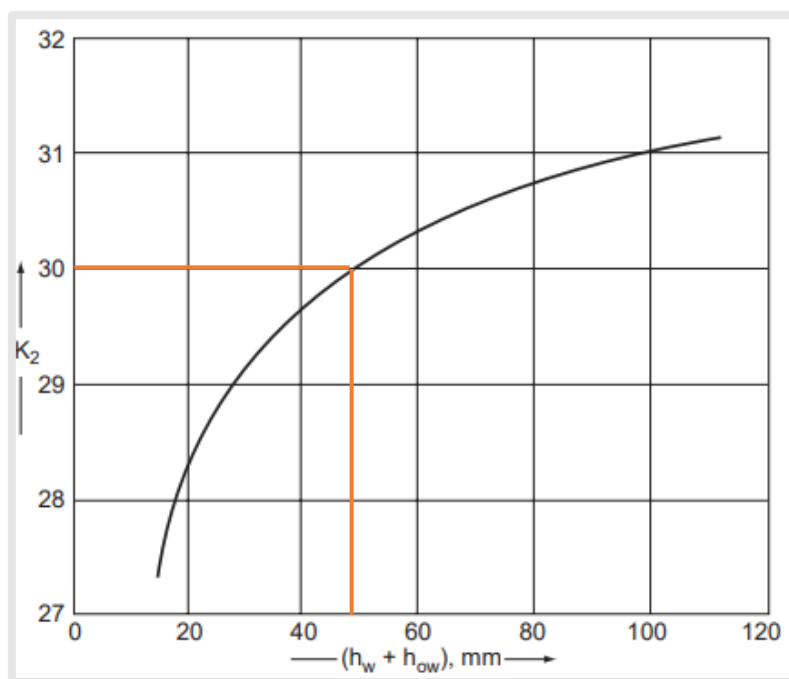


Figura 5.12 Obtención gráfica de K_2 (Sinot – Towler)

K2	30,1
-----------	------

Ahora se calcula la velocidad mínima de vapor u_h :

u_h	117,40	m/s
-------------------------	--------	-----

La velocidad mínima de vapor real se calcula como:

$$Velocidad\ de\ vapor\ real = \frac{Velocidad\ minima\ de\ vapor}{Ah\ (area\ de\ orificio)}$$

Velocidad mínima de vapor real	201,35	m/s
---------------------------------------	--------	-----

Se verifica que no habrá lloriqueo, ya que la velocidad mínima de vapor real, es mayor que la velocidad mínima a la que se produce lloriqueo

5.3.1.5 Caída de presión en el plato

Normalmente se utiliza un modelo aditivo simple para predecir la caída de presión total. El total se toma como la suma de la caída de presión calculada para el flujo de vapor a través de la placa seca (la caída de presión de la placa seca (h_d)); la cabeza de líquido claro en el plato ($h_w + h_{ow}$); y un término para tener en cuenta otras fuentes menores de pérdida de presión, la llamada pérdida residual h_r . La pérdida residual es la diferencia entre la caída de presión experimental observada y la suma simple de la caída de la placa seca y la altura del líquido claro. Tiene en cuenta los dos efectos: la energía para formar las burbujas de vapor y el hecho de que en una placa operativa la cabeza del líquido no será un líquido claro sino una cabeza de espuma líquida "aireada", y la densidad y la altura de la espuma serán diferentes a la del líquido claro.

5.3.1.5.1 Caída de presión en el plato seco

La caída de presión a través de la placa seca (h_d) se puede estimar utilizando expresiones derivadas para flujo a través de orificios.

$$h_d = 51 \left[\frac{u_h}{C_o} \right]^2 \frac{\rho_v}{\rho_l}$$

donde el coeficiente del orificio C_o es función del espesor de la placa, el diámetro del orificio y la relación entre el área perforada y el orificio.

u_h es la velocidad lineal a través de los orificios, m/s. Para el cálculo del mismo se emplea el mayor caudal volumétrico de vapor, ya que es la más desfavorable al momento de calcular la caída de presión.

$$u_h = \frac{\text{Caudal volumetrico de vapor}}{\text{Area de orificios}}$$

$$u_h = 251,69 \text{ m/s}$$

C_0 se obtiene gráficamente, con el porcentaje de área perforada de plato (10% en nuestro caso) se corta la recta paramétrica que coincide con la relación entre el diámetro de agujero y el espesor de plato (para nuestro caso es 1).

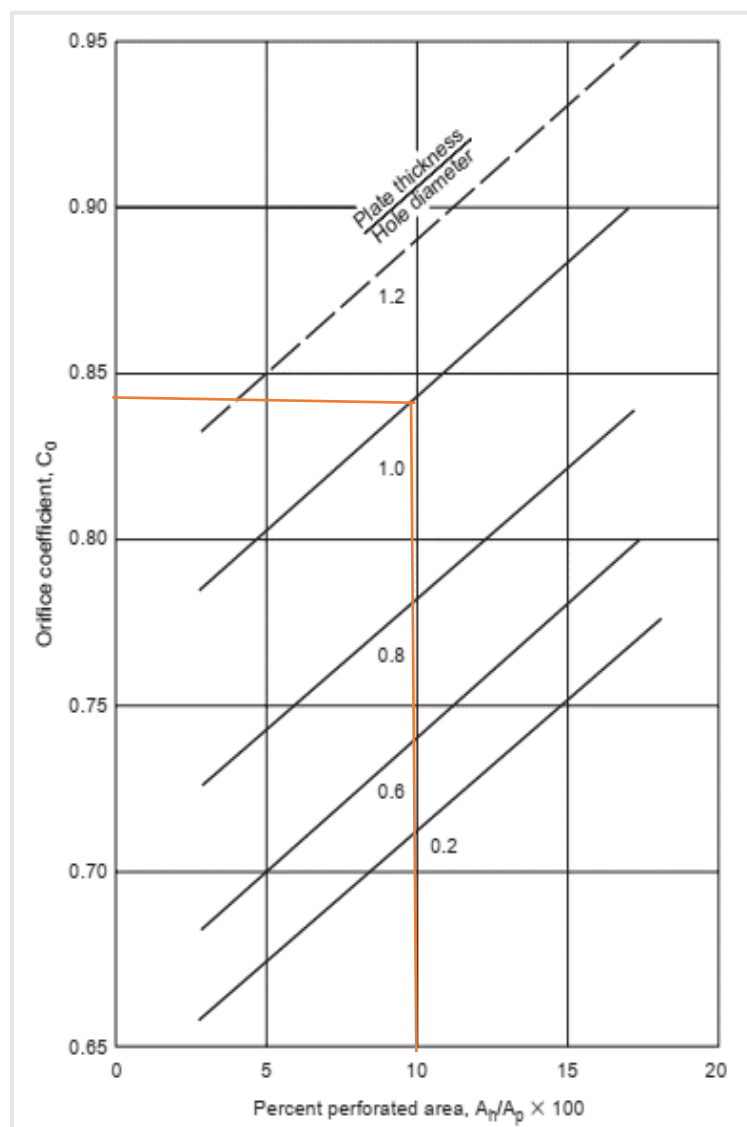


Figura 5.13 Obtención gráfica de C_0 (Sinot – Towler)

$$C_o = 0,84$$

Se calcula h_d :

$$h_d = 24,94 \text{ mm de líquido}$$

La caída de presión residual se calcula como:

$$h_r = \frac{12,5 * 10^3}{\rho_l}$$

$$h_r = 12,09 \text{ mm de líquido}$$

La caída de presión total se calcula como:

$$h_t = h_d + h_r + h_w + h_{ow}$$

$$h_t = 91,16 \text{ mm de líquido}$$

5.3.1.6 Retroceso ascendente de los bajantes de líquido

5.3.1.6.1 Pérdida de carga en la bajante por fricción

El área del bajante y el espaciado de las placas deben ser tales que el nivel del líquido y la espuma en el bajante esté muy por debajo de la parte superior del vertedero de salida en la placa de arriba.

Si el nivel sube por encima del vertedero de salida, la columna se inundará. La acumulación de líquido en el bajante es causada por la caída de presión sobre la placa (el bajante, en efecto, forma una pata de un tubo en U) y la resistencia al flujo en el propio bajante.

En términos de líquido claro, el retroceso del bajante está dado por:

$$h_b = (h_w + h_{ow}) + h_t + h_{dc}$$

h_b = Retroceso en el bajante, medido desde la superficie de la placa, mm;

h_{dc} = pérdida de carga en el bajante, mm

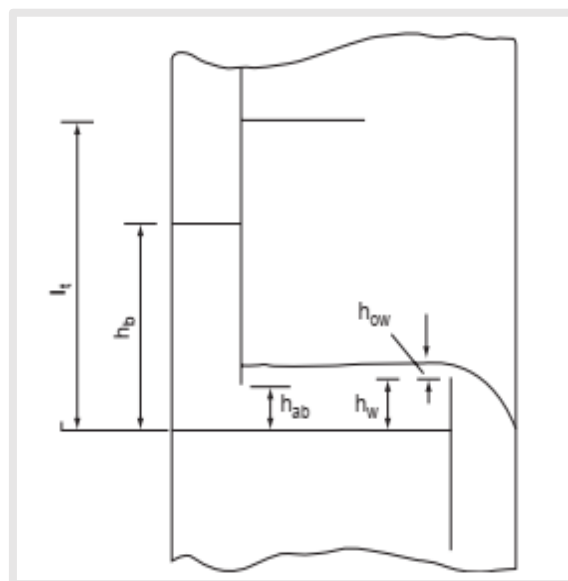


Figura 5.14 Vista lateral del plato (Sinot – Towler)

La principal resistencia al flujo será causada por la constricción en la salida del bajante, y la pérdida de carga en el bajante se puede estimar usando la ecuación dada por Cicalese.

$$h_{dc} = 166 \left[\frac{Lwd}{\rho_L A_m} \right]^2$$

Lwd = caudal de líquido en el bajante, kg/s;

A_m = ya sea el área del bajante A_d o el área libre debajo del bajante A_{Ap} , cualquiera que sea menor, m²

El área libre debajo del bajante está dada por:

$$A_{Ap} = h_{Ap} * l_w$$

donde h_{Ap} es la altura del borde inferior de la plataforma por encima de la placa. Esta altura normalmente se establece entre 5 y 10 mm (¼ a ½ pulgada) por debajo de la altura del vertedero de salida:

$$h_{Ap} = h_w - (5 \text{ a } 10 \text{ mm})$$

Ad (Area del bajante)	0,380	m ²
lw (longitud de rebosadero)	1,566	m
hap=h_{ab}	40	mm
Aap	0,06	m ²

A_m toma el valor de A_{Ap} , ya que éste es menor que A_d :

$$A_m = 0,06 \text{ m}^2$$

Se calcula la pérdida de carga en el bajante:

$$h_{dc} = 0,02 \text{ mm}$$

Finalmente calculamos el retroceso en la bajante:

$$h_b = (h_w + h_{ow}) + h_t + h_{dc} = (50 + 4,13) + 91,16 + 0,02$$

$$h_b = 145,3 \text{ mm}$$

$$h_b < \frac{1}{2}(\text{espaciado de plato} + \text{altura de vertedero}) \rightarrow 145,3 < \frac{1}{2}(500 + 50)$$

Se recomienda que el retroceso h_d del bajante sea menor a la mitad del espacio entre platos para dar lugar a la formación de espuma y que siga sin haber inundación. Al cumplirse la desigualdad, se asume que no existe riesgo de inundación en el plato.

5.3.1.6.2 Tiempo de residencia en la bajante

Se debe permitir un tiempo de residencia suficiente en el bajante para que el vapor arrastrado se desprenda de la corriente de líquido, para evitar que el líquido muy "aireado" sea transportado debajo del bajante. Se recomienda un tiempo de al menos 3 segundos.

El tiempo de residencia del bajante está dado por:

$$t_r = \frac{A_d h_{bc} \rho_L}{L_{wd}}$$

t_r = tiempo de residencia, s

h_{bc} = retroceso en la bajante

Caudal máximo masico de liquido	0,66	kg/s
hb	145,31	mm
	0,145	m
Ad	0,380	m ²
tr	86,363	s

$t_r > 3$ segundos, tiempo de residencia en la bajante satisfactorio.

5.3.1.7 Comprobación de arrastre

El arrastre se puede estimar a partir de la correlación dada por Fair (1961), que da el arrastre fraccional ψ (kg / kg de flujo bruto de líquido) en función del factor líquido-vapor FLV, con el enfoque porcentual de inundación como parámetro. El porcentaje de inundación está dado por:

$$\text{porcentaje de inundación} = \frac{u_n (\text{velocidad real, basada en el area neta})}{u_f (\text{velocidad de inundacion})}$$

Caudal volumétrico máximo	60,585	m ³ /s
An	2,79	m ²
u_n	21,737	m/s

u_f	27,895	m/s
Porcentaje de inundación	78%	

Con el valor de FLV ya calculado previamente en abscisas, corto las curvas paramétricas del porcentaje de inundación y obtengo gráficamente en ordenadas el valor del arrastre fraccional.

$$\psi = 0,08 \frac{kg \text{ arrastrados}}{kg \text{ de caudal líquido}}$$

Un valor de 0,1 provoca la disminución de la eficacia, por lo que el valor se encuentra dentro de los valores de diseño.

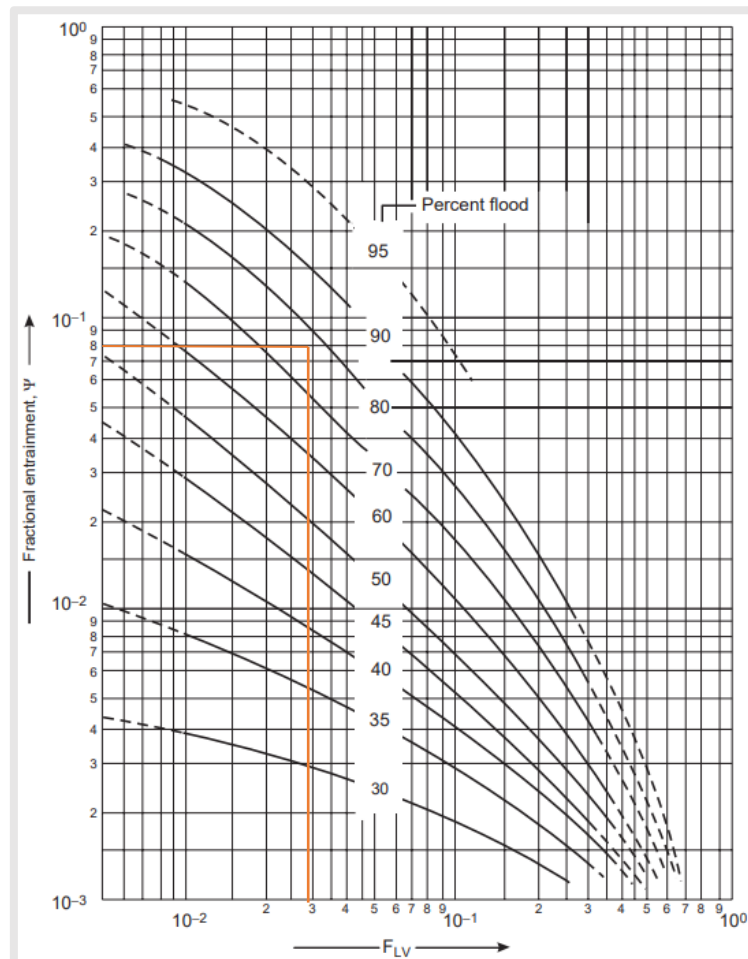


Figura 5.15 Obtención gráfica del arrastre fraccional (Sinot – Towler)

5.3.1.8 Área perforada

El área disponible para la perforación se reducirá por la obstrucción causada por los miembros estructurales (los anillos de soporte y las vigas) y por el uso de zonas calmantes.

Las zonas calmantes son tiras de placa sin perforar en los lados de entrada y salida de la placa.

El ancho del anillo de soporte para placas seccionales será normalmente de 50 a 75 mm; el mismo no debe extenderse hacia el área del bajante. Se dejará una tira de placa sin perforar alrededor del borde de las bandejas tipo cartucho para endurecer la placa.

El área no perforada se puede calcular a partir de la geometría de la placa. La relación entre la longitud de la cuerda del vertedero, la altura de la cuerda y el ángulo subtendido por la cuerda.

El diámetro de columna calculado es de 2,01 m, el estándar mas proximo tomado de Ludwig es de 8 ft, es decir, 2,44 m.

Utilizando una construcción tipo cartucho, se define que la zona de placa será de 50 mm alrededor del borde de la placa y zonas calmantes de 50 mm de ancho.

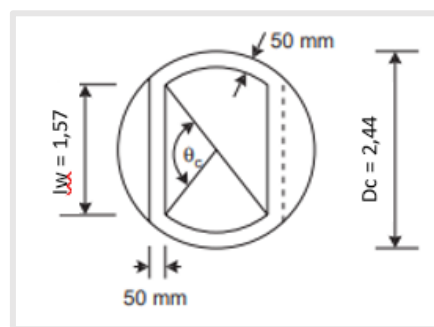


Figura 5.16 Representación gráfica de plato (Sinot – Towler)

5.3.1.8.1 Tamaño de orificio

Los tamaños de orificios utilizados varían de 2,5 a 12 mm; 5 mm es el tamaño preferido. Ocasionalmente se utilizan orificios más grandes para los sistemas de incrustaciones. Los agujeros se taladran o perforan. El punzonado es más económico, pero el tamaño mínimo de agujero que se puede perforar dependerá del espesor de la placa. Para acero al carbono, se pueden utilizar tamaños de orificio aproximadamente iguales al espesor de la placa.

Se puede perforar, pero para el acero inoxidable el tamaño mínimo del orificio que se puede perforar es aproximadamente el doble del espesor de la placa. Los espesores de placa típicos utilizados son 5 mm (3/16 pulg.) para acero al carbono y 3 mm (calibre 12) para acero inoxidable.

Cuando se utilizan placas perforadas, deben instalarse con la dirección del punzonado hacia arriba. Al perforar se forma una ligera boquilla y al invertir la placa aumentará la caída de presión.

5.3.1.8.2 Paso del orificio

El paso del orificio (distancia entre los centros de los orificios) l_p no debe ser inferior a 2,0 diámetros del orificio, y el rango normal será de 2,5 a 4,0 diámetros. Dentro de este rango, se puede seleccionar el paso para proporcionar el número de orificios activos necesarios para el área total de orificios especificada.

Se utilizan patrones triangulares cuadrados y equiláteros; se prefiere triangular. El área total del agujero como fracción del área perforada A_p viene dada por la siguiente expresión gráfica, para un paso triangular equilátero:

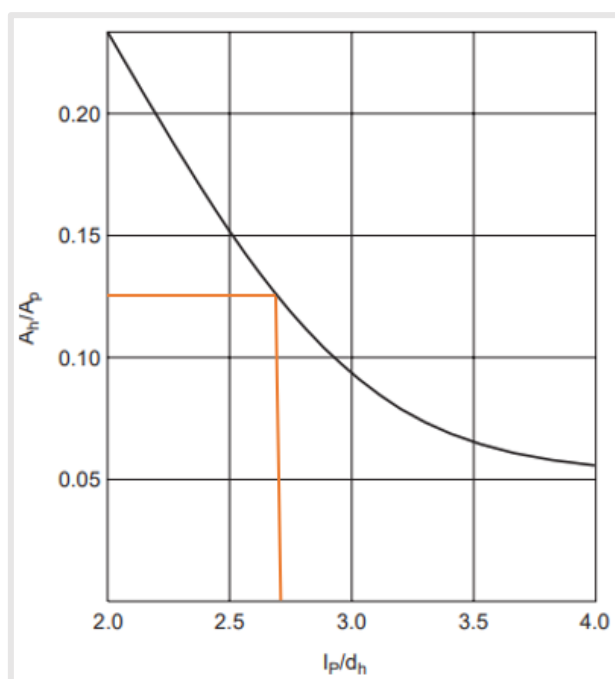


Figura 5.17 Obtención gráfica del paso de orificio l_p (Sinot – Towler)

A_p	2,05	m ²		
A_h	0,241	m ²		
A_h/A_p	0,12			
l_p/d_h	2,75		Rango aceptable	2,5 a 4
d_h	5	mm		
l_p	13,75	mm		
Área de orificio	2,0E-05	m ²		
Número de orificios	12.259			

ESPECIFICACIONES FINALES DE PLATO

Diámetro del plato	2,44 m
Tamaño del agujero	5 mm
Arreglo	Triangular
Agujeros totales	12.259
Agujeros ciegos	0
Agujeros activos	12.259
Rendimiento de retorno	80%
Material de plato	Acero dulce AISI 216
Material de bajante	Acero dulce AISI 216
Espacio entre platos	5 mm
Grosor de plato	5 mm

Tabla 5.4 Especificaciones finales de plato.

El presupuesto que más se adapta a los requerimientos de nuestra columna es el proporcionado por la empresa Muez Hest.

Precio: U\$D 65.000
Proveedor: Muez Hest

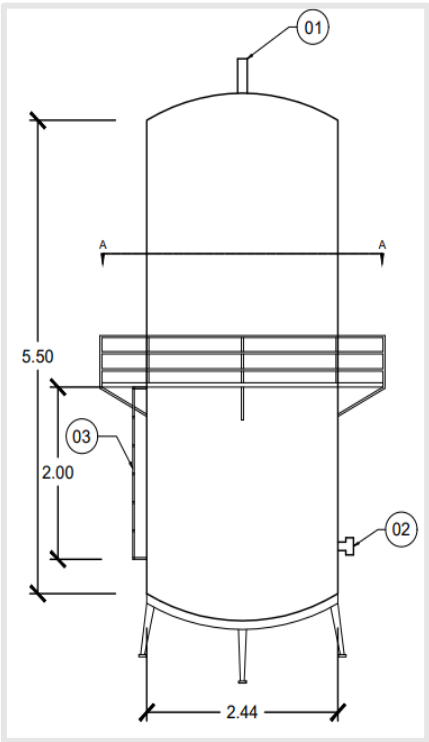


Figura 5.18 Plano correspondiente a vista lateral de la columna de destilación.

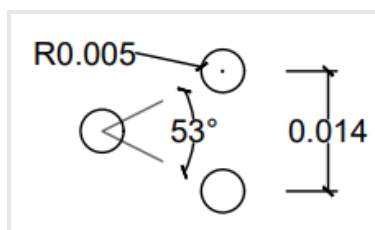


Figura 5.19 Arreglo de perforaciones dentro del plato.

Por su tamaño, la torre de destilación debe sostenerse sobre una base cimentada de hormigón, por lo que se calcula el diámetro aproximado que debe tener dicha base y se calcula el coste con ayuda del índice CIRCOT.

Hormigón p/ cemento (INDICE CIRCOT)	36.825	\$/m2
---	--------	-------

Superficie de Hormigón a colocar		
Superficie lateral de la base	8,48	m2
Base de hormigón	5,72	m2

PRECIO CIMENTOS	523.204,17	\$
	562,58	U\$D

5.3.2 REBOILER & CONDENSER

El reboiler y el condensador no están incluidos en el precio de la columna. Para llevar a cabo las operaciones de dichos equipos se utilizan los siguientes intercambiadores de calor, de los cuales uno será utilizado para calentar el producto a destilar (Reboiler) y otra para condensar el producto final (Condenser):



Fig 5.20 Intercambiador de calor de tubo y coraza utilizado para Reboiler & Condenser.

TIPO	TUBO Y CORAZA
MATERIAL CORAZA	ACERO INOXIDABLE AISI 304
MATERIAL TUBOS	ACERO INOXIDABLE AISI 304
DIAMETRO CORAZA	0,58 m
LONGITUD TUBOS	2 m
DIAMETRO TUBOS	1,5 cm
CANTIDAD DE TUBOS	87
ARREGLO	TRIGONAL
ÁREA EFECTIVA DE TRANSFERENCIA DE CALOR	9 m ²
PROVEEDOR	Muez Hest
PRECIO (por unidad)	11.000 USD
UNIDADES	2

Tabla 5.5 Especificaciones Intercambiador de calor de tubo y coraza.

5.4 EQUIPOS PRINCIPALES

5.4.1 EVAPORADOR AL VACÍO DE CIRCULACIÓN NATURAL (EV-01).

Lo que se busca con este equipo es evaporar gran parte del metanol presente en el glicerol crudo. El vacío permite acortar los tiempos de residencia y, lo más importante, no someter el producto a temperaturas elevadas ya que la glicerina es termosensible. Las sustancias volátiles evaporadas pasan por un filtro de carbón activado antes de ser venteadas a la atmósfera.

El equipo propuesto por el proveedor MUEZ-HEST cuenta con sistema de vacío y filtro y cumple con los requerimientos de este proyecto.



Fig 5.21 Evaporador al vacío de circulación natural.

Volumen de la cámara	350 L
Capacidad de evaporación	300 L/h
Área de intercambio de calor	6 m ²
Medidas (Alto x Ancho x Profundidad)	2,15 x 3,05 x 1,6 m
Peso	0,25 tn
Marca	Muez-Hest
Material	Acero Inoxidable AISI 304
Precio	19.000 USD

Tabla 5.6 Especificaciones EV-01.

5.4.2 COLUMNA DE DESODORIZADO (CD-01).

Este equipo tiene como objetivo quitar las trazas de sustancias que generan olor en el producto y terminar de purificar la corriente rica en glicerina proveniente del destilado de la columna (C-01), llevándola al grado farmacéutico (grado USP). El desodorizado consiste en el contacto directo del producto con vapor en contracorriente de manera que el mismo arrastre las trazas de sustancias con olor.

La columna adoptada para esta operación es la propuesta por el proveedor MUEZ-HEST que cumple con los requerimientos del proyecto y sus características son:

- Araña de vapor de rociado – Bandeja volumétrica
- Mirilla – Bandeja de descarga
- Sensor de temperatura – Control de nivel
- Apto para vapor 1,7 bar
- Acero Inoxidable AISI 304
- Diámetro: 1,1 m
- Altura: 1,8 m
- Peso: 0,16 tn



Fig 5.22 Columna desodorizadora.

PRECIO: 31.000 USD

5.4.3 EVAPORADOR DE PELÍCULA FINA (EV-02).

Este equipo busca aprovechar la corriente de cola del destilador (C-01) de manera de obtener glicerina grado USP. Se compone principalmente de una camisa por donde circula vapor, y un raspador montado en un eje giratorio. Entre el raspador y la pared interior de la chaqueta calefaccionada se mantiene un espacio muy pequeño, generalmente de 0,5 a 1,5 mm. La alimentación ingresa por la parte superior al evaporador y desciende a lo largo en dirección tangencial, debido a la gravedad.

La alimentación en el evaporador de película raspada tiene una corta permanencia en la superficie aproximadamente de 10 segundos. Se produce una rápida renovación de la superficie debido a su capa con poco espesor, además de la turbulencia delante de las palas provocando así una alta transferencia de calor, donde la pureza y el rendimiento del producto se maximizan.

El equipo propuesto por Muez-Hest cumple con los requerimientos necesarios de este proyecto y se describe a continuación:



Fig 5.23 Evaporador de película fina TF013.

Modelo	TF013
Proveedor	Muez Hest
Material	Acero inoxidable 304
kW Raspador	2,2
RPM Raspador	100
Medidas del equipo (Alto x Ancho x Profundidad)	2,25 x 1,75 x 1,2 m
Capacidad de evaporación	200 l/h
Área de la camisa	4.2 m ²
Rango de Presión de trabajo	1-5 bar
Precio	27.000 USD

Tabla 5.7 Especificaciones EV-02.

5.4.4 COLUMNAS BLANQUEADORAS (CB-01 & CB-02).

En la columna de blanqueo, se ponen en contacto dos fases para la transferencia de materia: la fase sólida o adsorbente y la fase líquida que es donde se encuentra el adsorbato. En este caso, la fase líquida es la corriente de glicerina, que tiene trazas de aquellos componentes orgánicos que se desean eliminar y la fase sólida, el carbón activado. Como la adsorción es un fenómeno superficial, los adsorbentes deben presentar una alta superficie por unidad de masa. El carbón activado granular de Calgo Carbon (proveedor) cumple con estas características.

Luego de que la glicerina pase por la columna de blanqueo se consigue el color requerido, que es como máximo 10 en la escala APHA.

En la propuesta de Muez-Hest se propone la utilización de 2 columnas de blanqueo del proveedor Calgon Carbon y se tiene en cuenta que se necesitan 2 kg de carbón activado por tonelada de glicerina tratada.



Fig 5.24 Columna blanqueadora CYCLESORB-HP.

PROVEEDOR	CALGON CARBON
MODELO	CYCLESORB-HP
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE AISI 316
CARGA DE CARBON ACTIVADO SOPORTADO (POR UNIDAD)	908 KG
KG DE CARBON ACTIVADO/TN DE GLICERINA	2
ALTURA	2,362 M
DIÁMETRO	1,524 M
PESO (VACÍO)	907 KG
PESO (CON CARBON ACTIVADO SECO)	1815 KG
PRECIO (POR UNIDAD)	11.500 USD
UNIDADES	12

Tabla 5.8 Especificaciones columna de blanqueo.

5.4.5 INTERCAMBIADORES DE CALOR (CA-01 & EN-01 & EN-02).

En distintos puntos del proceso es necesario llevar a cabo intercambios calóricos ya sea para aumentar o disminuir la temperatura de la corriente glicerinoso. Los intercambiadores de calor que se utilizarán serán provistos por Muez Hest.



Fig 5.25 Intercambiador de calor de tubo y coraza.

TIPO	TUBO Y CORAZA
MATERIAL CORAZA	ACERO INOXIDABLE AISI 304
MATERIAL TUBOS	ACERO INOXIDABLE AISI 304
DIAMETRO CORAZA	0,33 m
LONGITUD TUBOS	2 m
DIAMETRO TUBOS	1,5 cm
CANTIDAD DE TUBOS	57
ARREGLO	TRIGONAL
ÁREA EFECTIVA DE TRANSFERENCIA DE CALOR	5,4 m ²
PROVEEDOR	Muez Hest
PRECIO (por unidad)	8.000 USD
UNIDADES	3

Tabla 5.9 Especificaciones Intercambiador de calor de tubo y coraza.

5.4.6 ENVASADORA DE BARRILES (E-01).

Una vez que el producto final se encuentra almacenado en el tanque correspondiente, se transporta mediante una bomba a la máquina llenadora de barriles semiautomática (E-01) en donde la glicerina grado USP se dispone en tambores de 200 litros.

A continuación, se describe el equipo en cuestión, el cual es provisto por un proveedor nacional.

Máquina Llenadora Semi-automática modelo LPmass 1:

- Sistema de llenado "Ultra limpio"
- Caudalímetro dosificador de masa, marca Endress & Hauser
- Display para regular la válvula de llenado
- Sensor para envase
- Cuadro de comando eléctrico completo de PLC
- Material en contacto con el producto acero inoxidable AISI 316 y 316L
- Componentes electrónicos marca Schneider
- Componentes neumáticos marca SMC
- PROVEEDOR: BSC
- PRECIO: 23.784 USD (incluye flete) (Cotización Envasadora de Barriles Semiautomática, pdf).



Fig 5.26 Máquina Llenadora Semi-automática modelo LPmass 1

5.4.7 BOMBAS DE PROCESO (desde B-01 hasta B-12)

Es necesario contar con bombas para transportar las corrientes del proceso entre los diferentes equipos venciendo presiones diferenciales y desniveles. Se debe tener en cuenta que el producto tratado es de grado farmacéutico por lo que es muy importante que el material de la bomba no contamine ni dañe al mismo.

La empresa Muez-Hest propone bombas centrífugas con sello mecánico de acero inoxidable AISI 304 del proveedor KSB, las cuáles se adaptan perfectamente a los requerimientos del proceso.



Fig 5.27 Bomba centrífuga con sello mecánico (B-01-B-11).

Potencia: 1 HP

Caudal máximo: 5 m³/h

altura máxima de elevación: 20 m

Peso: 11 kg

Precio (por unidad): U\$D 800

Unidades: 11

La bomba B-12 es la única diferente al resto, y es una bomba dosificadora ya que es la encargada de dosificar un caudal de 3,3 l/h de solución NaOH 50% p/p al reactor tanque agitado (R-01).

La bomba propuesta por Muez Hest es una bomba dosificadora de émbolo con membrana PTFE del proveedor KSB y cuenta con un controlador de frecuencia para una dosificación efectiva.



Fig 5.28 Bomba dosificadora de émbolo con membrana PTFE (B-12).

Caudal máximo: 15 l/h

Potencia: 0,12 kw

Precio U\$D 175

5.4.8 TUBERÍAS

Se hacen los cálculos para determinar la medida de las tuberías del proceso. Para el cálculo se tiene en cuenta el caudal de entrada:

$$Q = 1280 \frac{kg}{h} = 1,08 \frac{m^3}{h} = 0,0003 \frac{m^3}{s}$$

y según:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

siendo v, la velocidad de la corriente en la tubería. La cuál se estima entre 1,2 – 2,4 m/s (Perrys Chemical Engineers), suponiendo 1,8 m/s con el fin de calcular el diámetro:

$$D = 0,01456 m = 14,56 mm$$

Debido a que las medidas de las tuberías ya se encuentran normalizadas, el valor más próximo a un diámetro interno de 14,56 mm es la de 15,76 mm correspondiente a la tubería de 1/2 pulgada cédula 40.

Tubería: acero inoxidable aisi 304 1/2" (sch 40)

Proveedor: muez hest

Precio: incluido en el precio de los equipos de la propuesta de muez hest (página 27, propuesta muez hest).

5.5 PRECIO FINAL.

Los equipos provistos por Muez Hest (EV-01, C-01, CD-01, EV-02, CA-01, EN-01, EN-02, B-01 – B-12, CB-01, CB-02), fueron cotizados en PRECIO FOB. A este último hay que sumarle el precio del flete marino a puerto terminal Rosario + Aduana + flete terrestre a Parque Industrial San Lorenzo. Los equipos serán trasladados en 2 contenedores de 40 ft HC (High Cubic) cada uno.

- PRECIO FLETE MARINO: 35.000 USD (Propuesta Muez Hest, página 27)
- ADUANA: 109.000 USD (Propuesta Muez Hest, página 27)

El precio del flete terrestre fue cotizado por la empresa argentina INTERBORDERS (Cotización flete Pto Rosario-Parque Industrial San Lorenzo, pdf) siendo 90.000 pesos argentinos por contenedor por lo que, al ser 2 contenedores:

- FLETE TERRESTRE: \$180.000 = 250 USD (tomado al Valor Dólar Blue 22/AGO/2023).

A continuación, se muestra la tabla resumen con los precios de los equipos involucrados en el proceso.

Tabla 5.10 Tabla resumen con los precios finales.

REFERENCIA	EQUIPO	PROVEEDOR	PRECIO unitario (USD)	CANTIDAD	FLETE (USD)	ADUANA(USD)	PRECIO CIF (USD)
EV-01	Evaporador al vacío	Muez-Hest	\$ 19.000	1	\$ 35.250	\$ 109.000	\$ 342.225
EV-02	Evaporador de película delgada	Muez-Hest	\$ 27.000	1			
C-01	Columna de destilación	Muez-Hest	\$ 65.000	1			
CD-01	Columna de desodorización	Muez-Hest	\$ 31.000	1			
CA-01	Calentador de glicerina	Muez-Hest	\$ 8.000	1			
EN-01	Condensador de glicerina	Muez-Hest	\$ 8.000	1			
EN-02	Enfriado de glicerina USP	Muez-Hest	\$ 8.000	1			
CB-01	Columna de blanqueamiento N°01	Muez-Hest	\$ 11.500	1			
CB-02	Columna de blanqueamiento N°02	Muez-Hest	\$ 11.500	1			
B-01 – B-11	Bombas de 1 hp	Muez-Hest	\$ 800	11			
B-12	Bomba dosificadora de solución NaOH	Muez-Hest	\$ 175	1			
T-01	Tanque de almacenamiento de glicerina cruda	Santo líquido	\$ 23.000	2	\$ 250	\$ 0	\$ 59.550
T-02	Tanque de almacenamiento de NaOH 50% p/p	Santo líquido	\$ 1.150	2			
T-03	Tanque intermedio de almacenamiento de glicerina USP	Santo líquido	\$ 11.000	1			
R-01	Reactor tanque agitado (con agitador)	Mixing Process	\$ 41.382	1	\$ 0	\$ 0	\$ 41.382
E-01	Envasadora	BSC	\$ 23.784	1	\$ 0	\$ 0	\$ 23.784
TOTAL							\$ 466.941

5.6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Rocha-Urbe y E. Hernández, Revista Mexicana de Ingeniería Química
- [2] Perrys Chemical Engineers HandBook 8th edition-2008.
- [3] Ludwig, applied process design for chemical and petrochemical plants.
- [4] Geankopolis. Proceso de transporte y operaciones unitarias, 3era edición.
- [5] <https://www.muezhest.com/glycerin-distillation.php>
- [6] <https://www.santoliquidoequipos.com.ar/>
- [7] Soluciones en agitación para la industria, MixingProcess: <https://mixing-process.com/>
- [8] Sinnott, Towler. Chemical engineering design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design





CAPITULO VI

AUTOMATIZACION Y CONTROL

6 CAPÍTULO VII: AUTOMATIZACION Y CONTROL

6.1 Introducción.

La importancia del control de las distintas variables involucradas en nuestro proceso, radica en la necesidad de mantener dichas variables bajo determinados valores, para asegurar la calidad del producto final, evitar que dentro del reactor se produzcan reacciones indeseadas, poder mantener el proceso dentro de parámetros cuando se produzcan fluctuaciones, etc.

En el siguiente capítulo se mencionan los diversos elementos de control en común para los distintos equipos que componen el proceso , así como también se describen los sistemas de control utilizados para los equipos cuyos diseños fueron presentados en el capítulo IV.

6.2 Sensores de nivel.

6.2.1 Sensores de nivel de agua

Estos sensores son utilizados para evitar que los tanques contenedores de agua se vacíen, manteniendo niveles de líquido seguros en caso de problemas o desviaciones durante el proceso.



Figura 6.1: Sensor de nivel para tanques de agua [1]

- Fabricante: Viyilant
- Precio unitario: **USD 15**

Se requieren 3 sensores de nivel de agua para cada uno de los siguientes tanques: El tanque pulmón inicial (T-04), el tanque de agua blanda (T-05) y el tanque de almacenamiento de la caldera (T-06).

6.2.2 Sensores de nivel de glicerol y de NaOH al 50%

Para la medición del nivel de líquido en los tanques de glicerol y NaOH al 50% se utilizarán sensores de nivel de acero inoxidable, más resistentes a la corrosión y al ataque ácido por parte de la soda cáustica.



Figura 6.2: Sensor de nivel para tanques de agua. [2]

Precio unitario: **USD 37**

Medidores de presión.

Se requieren manómetros para el control de la presión en los siguientes equipos: Evaporador al vacío, evaporador de película delgada, columna de destilación, reactor tanque agitado y en la caldera.

6.2.3 Manómetros de baja presión.

Los equipos que trabajan a bajos valores de presión como los evaporadores y columnas de destilación requieren manómetros con rangos de medición más acotados para una mayor precisión en la lectura. El rango de medición de los mismos va desde 0 a 100 mbar.

Se requieren 4 manómetros: 2 para la columna de destilación (uno ubicado en el tope de columna y otro en el fondo de columna), 1 para el evaporador al vacío y 1 para el evaporador de película delgada.



Figura 6.3: Manómetro de baja presión. [3]

- Fabricante: Emvo Technik
- Material: Acero
- Rango de medida: 0 a 100 mbar

Precio unitario: **USD 107,80**

6.2.4 Manómetros de acero inoxidable.

Se utilizará uno para la medición de presión en el tanque de reacción para la neutralización de la glicerina y otro en la caldera. Están contruidos en acero inoxidable para evitar la corrosión por parte del NaOH en caso del tanque de reacción y su rango de medición va de 0 a 6 bar de presión.



Figura 6.4: Manómetro de acero inoxidable. [4]

- Fabricante: Emvo TechniMateek
- Material: Acero Inoxidable AISI 304
- Rango de medida: 0 a 6 bar

- Precio unitario: **USD 76**

6.3 Sensores de temperatura.

Son requeridos para el control de la temperatura tanto en el interior de reactores, evaporadores y columnas de destilación, así como también para las corrientes que intervienen en los intercambiadores de calor.

Para el caso del tanque de neutralización, la reacción se lleva a cabo a temperatura ambiente y se considera que no libera calor, por lo que la medición de la temperatura no conlleva un control posterior de la misma.

Para los evaporadores al vacío y de película fina, la temperatura debe ser necesariamente controlada, ya que la glicerina es un producto termosensible por lo que deben evitarse temperaturas no deseadas que lleven a reacciones de descomposición de la misma.

Se ubicará un sensor en cada uno de los siguientes equipos:

- Evaporador al vacío
- Evaporador de película delgada
- Tanque reactor agitado
- Caldera
- Chiller

Mientras que en la columna de destilación se ubican 2 sensores, uno ubicado en el tope y otro en el fondo de la columna, los cuales ya vienen incluidos en el equipo y no es necesaria su adquisición.

Para los intercambiadores de calor, deben de colocarse sensores de temperatura tanto en la entrada como en la salida de las corrientes involucradas a fin de controlar y regular las temperaturas de las corrientes antes del ingreso a equipos clave, que necesitan valores específicos de temperatura de las corrientes al ingreso de los mismos. (4 sensores por equipo):

- 4 sensores en el calentador de glicerina previo al ingreso a la columna de destilación
- 4 sensores en el enfriador de glicerina a la salida del evaporador de película fina
- 4 sensores en el enfriador de glicerina a la salida de las columnas de blanqueamiento.

Se necesitan 17 sensores de temperatura en total.



Figura 6.5: Termómetro de resistencia PT100. [5]

- Termómetro de resistencia Pt100 enroscable
- Fabricante: Automation 24
- Material: AISI 316L
- Rango de medida: - 40 - 150 °C
- Conexión al sistema G 1/2 higiénico
- Precisión: +-0,15 °C

Precio unitario: **USD 100,8**

6.4 Controles de calidad

Los controles de calidad involucran la evaluación sistemática de los productos en todas las etapas del proceso de producción, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega final del producto. El objetivo principal del control de calidad es asegurar que el producto sea seguro y cumplan con las especificaciones requeridas.

6.4.1 Controles de calidad de materia prima

Es necesario conocer las especificaciones de las materias primas ya que éstas, al ser subproductos de otro proceso, pueden variar en cuanto a sus propiedades, las cuales pueden afectar significativamente al proceso si no se detectan variaciones importantes de las mismas a tiempo.

6.4.1.1 Medición de la concentración de hidróxido de sodio

Para conocer la concentración del Hidróxido de sodio utilizado en la neutralización del Glicerol Crudo se utilizará un medidor de concentración ácido/base, se requiere que la concentración de NaOH sea igual o cercana al 50% p/p.



Figura 6.6: Medidor de concentración ácido/base.

- Fabricante: BOQU
- Modelo: SJG-2083CS
- Rango de medición de concentración de NaOH: 0.00%~25.99% y 15.13% ~ 50.00%.

Precio: Medidor: **USD 420**– Sensor: **USD 850**

6.4.1.2 Medición de pH

Tanto el glicerol crudo como la glicerina USP deben cumplir especificaciones de pH, en el caso del glicerol crudo debe encontrarse entre 5 y 7, mientras que para la glicerina USP la norma especifica un pH de entre 5 y 6,5. El instrumento a utilizar será un pHmetro.



Figura 6.7: pHmetro. [6]

- Rango de medición: 0.00 – 14.00 pH
- Precisión 0.1 pH (a 20 °C), 0.2 pH
- Resolución de 0.01 pH

- Electrodo: Plano
- Compensación automática de temperatura 0°C - 50°C
- Ambiente de trabajo: temperatura: 0°C - 50°C

Precio unitario: **USD 116,6**

6.4.1.3 Medición de densidad y viscosidad

La glicerina USP debe cumplir especificaciones tanto de densidad como de viscosidad. La densidad relativa a 25°C no debe ser menor a 1,249 y la viscosidad a 20°C no debe ser mayor a 1410 cP.

Para la medición de la densidad se utilizará un Densímetro portátil, mientras que para la medición de la viscosidad se utilizará un Viscosímetro de baja viscosidad, ambos del fabricante Arcano.



Figura 6.8: Viscosímetro NDJ-4 de baja viscosidad. [7]

Características del Viscosímetro NDJ-4 de baja viscosidad:

- Rango de medición: 10 a 2.000.000 cP
- Velocidad del rotor (rpm): 0.3,0.6,1.5,3,6,12,30,60
- Exactitud: $\pm 5\%$ de un fluido newtoniano
- Dimensiones: 445x235x380mm

Precio unitario: **USD 3.883,14**



Figura 6.8: Densímetro portátil [8]

Especificaciones del Densímetro portátil digital DMA 35:

- Rango de medición Densidad: 0 g/cm³ a 3 g/cm³
- Temperatura: 0 °C a 40 °C (32 °F a 104 °F)*
- Precisión Densidad: 0,001 g/cm³ **
- Temperatura: 0,2 °C (0,4 °F)
- Resolución Densidad: 0,0001 g/cm³

Precio: **USD 6.520,00**

6.4.1.4 Determinación del residuo de ignición (cenizas)

El residuo de ignición para la glicerina USP según especificaciones no debe superar el 0,015% en peso. Para la determinación del mismo se utilizará un Horno Mufla del fabricante ORL.



Figura 6.9: Horno mufla. [9]

- Rango de Temperatura 100° - 1.250°C.

- Resistencias calefactoras de Kanthal A-1 origen Suecia.
- Mufla de placas refractarias blindadas con 96% de alúmina origen USA.
- Aislación de fibra cerámica microporosa 6 PCF origen USA.
- Control de temperatura digital con protección por corte de termocupla.
- Gabinete exterior esmaltado en dos colores, gris y celeste.
- Dimensiones de la cámara 18 cm * 12 cm * 20 cm

Precio: **USD 2111**

6.4.1.5 Determinación de agua

Para la determinación de agua en glicerina se utilizará un titulador TitroLine 7500 KF del fabricante SI Analytics, el mismo es un valorador volumétrico utilizado para la determinación de agua según Karl Fischer (KF) con un rango operativo típico de 0,1% a 100% de agua.

La determinación del agua según Karl Fisher (KF) es el método más selectivo y preciso para la determinación del agua. Existe el método volumétrico y coulombimétrico. El método coulombimétrico genera el yodo directamente en el recipiente de titulación lo que permite la determinación de concentraciones de agua muy bajas. La ventaja también es que no es necesario determinar la concentración del valorante. Con el método volumétrico, el yodo se agrega con precisión a través de una bureta de pistón.



Figura 6.10: Titulador Karl Fischer

- Fabricante: SI Analytics
- Salida de resultados en ppm,%, mg, µg, mg / l. Unidad individualmente ajustable
- También es adecuado para la determinación del índice de bromo y otras valoraciones de punto muerto como el SO₂ en el vino y otros productos alimenticios.
- Se puede utilizar para tareas de dosificación, como la preparación de muestras en función del peso de la muestra.

Precio: **USD 27.195**

6.5 Sistema de control de los equipos diseñados

6.5.1 Sistema de control del tanque de neutralización.

El tanque de neutralización de glicerol con NaOH al 50% requiere de cantidades estequiométricas de los reactivos participantes en la reacción, por lo que se necesita el control estricto de los caudales de materias primas que ingresan al equipo para evitar reactivos en exceso que se acumulen gradualmente dentro del reactor o reacciones secundarias indeseadas.

Para lo expuesto, es necesaria la adquisición de 2 caudalímetros, para medir caudales de las corrientes de NaOH proveniente de su tanque de almacenamiento y de glicerol proveniente del evaporador al vacío.

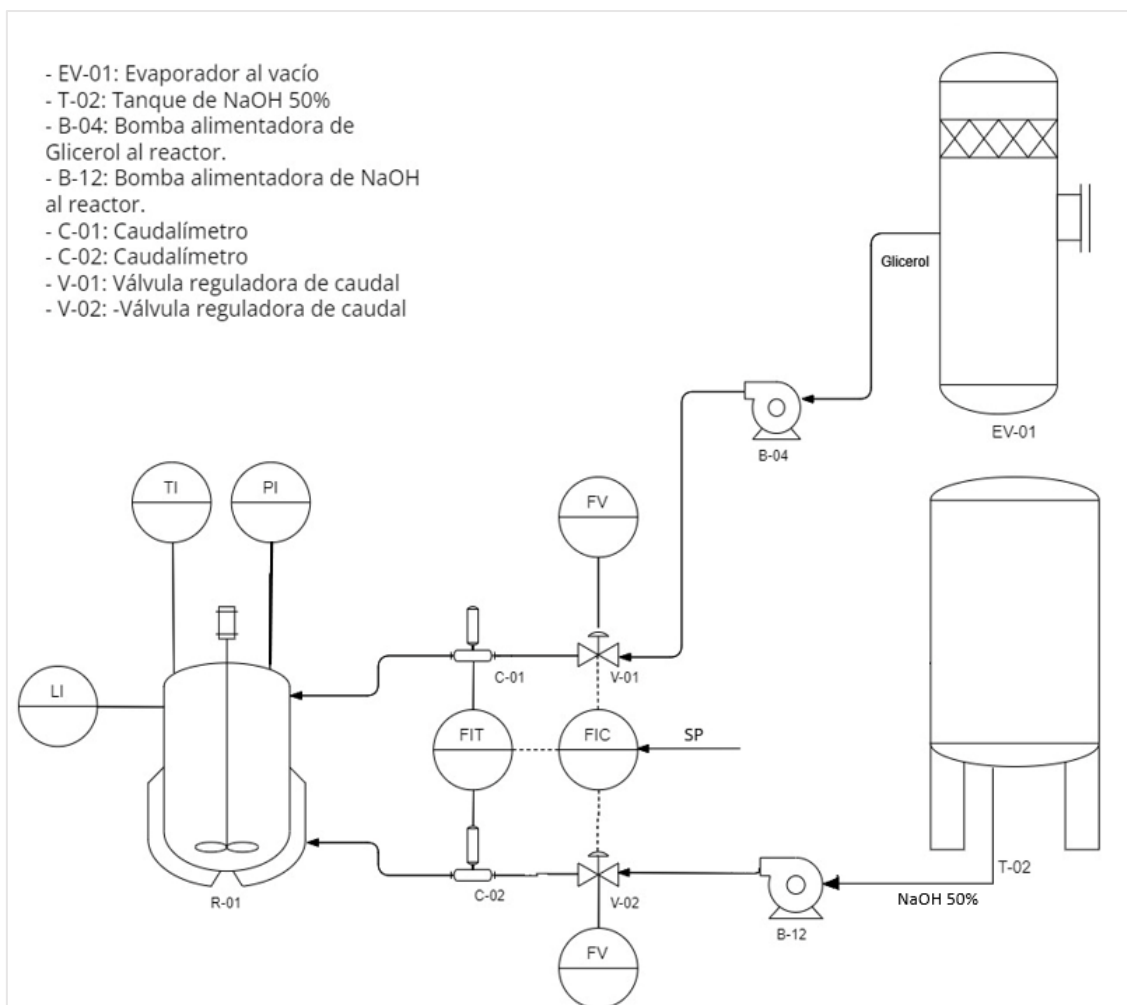


Figura 6.11: Diagrama P&ID Tanque de neutralización

Ambos caudalímetros registran constantemente el caudal de las corrientes ingresantes al reactor, cualquier variación fuera de los límites establecidos es regulada por válvulas que actúan de manera independiente.

El resto de las variables como presión, temperatura y nivel se registran y pueden ser visualizadas, pero ninguna se maneja mediante un lazo de control.

6.5.1.1 Equipos involucrados en el sistema de control

6.5.1.1.1 Caudalímetro másico por efecto Coriolis (C-01 y C-02):

Es el instrumento utilizado para realizar la medición del caudal, es decir, corresponde al sensor dentro del sistema de control. el mismo utiliza el efecto coriolis como principio de funcionamiento:



Figura 6.12: Caudalímetro másico Coriolis

- Fabricante: Krohne. Modelo OPTIMASS 6000.
- Material del tubo: Acero Inoxidable 316 S15.
- Conexión: 1" Tri-clamp
- Terminación de la brida: Estándar.
- Diseño: short stem (-200°C a +150°C)

6.5.1.1.2 Convertidor de señal para caudalímetro:

El convertidor de señal corresponde al transmisor dentro del sistema de control del equipo, este se encarga de recibir la lectura efectuada por el caudalímetro, luego reconvertir la señal eléctrica y enviarla a la válvula accionadora, la cual se encarga de regular el caudal.

El convertidor se presupuesta por el mismo fabricante y es enviado junto con el caudalímetro, ambos equipos se ensamblan y trabajan en conjunto.



Figura 6.13: Convertidor de señal

- Fabricante: Krohne. Modelo MFC 400C
- Lenguaje de operación: español
- Convertidor de señal de alto rendimiento con múltiples opciones de salida

- Desarrollado conforme a IEC 61508
- Diagnóstico inteligente, analiza los equipos completos en menos de un minuto

Precio caudalímetro y convertidor = U\$D 17.976,39

6.5.1.1.3 Válvula de asiento inclinado

Para la regulación del caudal de NaOH al 50 % proveniente de su tanque de almacenamiento, se utilizará una válvula de asiento angular higiénica para el control de medios neutros y agresivos.

Por su principio de funcionamiento, este tipo de válvulas es el indicado para la regulación de caudal, además, la misma se encuentra diseñada para soportar el ataque corrosivo proveniente de la corriente de NaOH.



Figura 6.14: Válvula de asiento inclinado

- Fabricante: Schubert & Saltzer. Modelo 7025
- Material del cuerpo: Acero CF8M (SS316)
- Material del sello: PTFE
- Rango de temperaturas: -58°F a 356°F

Precio U\$D: 6.336

6.5.1.1.4 Válvula de diafragma

La válvula a utilizar para la regulación de caudal de glicerol proveniente del evaporador al vacío es una válvula tipo diafragma con accionador para el control más preciso del caudal. Este tipo de válvula es recomendada debido a la naturaleza de la corriente de glicerol que proviene del evaporador, así

como también que es un tipo de válvula ideal para la regulación precisa de caudal.



Figura 6.15: Válvula de diafragma

- Fabricante: Schubert & Saltzer. Modelo 6051
- Material del cuerpo: Acero AISI 316L
- Material del diafragma: Diafragma de EPDM reforzado con lámina de PTFE (lado fluido)
- Rango de temperaturas: -4°F a 284°F

Precio USD: 8.131

Ambas válvulas pueden accionarse mediante un actuador eléctrico y un posicionador, y evitar la instalación de una línea de aire comprimido, ya que no se justifica adicionar la misma solamente para el manejo de 2 válvulas en todo el proceso.

6.5.1.1.5 Actuador eléctrico

Se elije un actuador eléctrico del mismo fabricante de las válvulas presupuestadas, el mismo es el responsable de recibir la señal eléctrica del controlador y modificar la posición de la válvula para aumentar o disminuir el caudal en función del valor de dicha señal.



Figura 6.16: Actuador Eléctrico – Schubert & Saltzer.

- Fabricante: Schubert & Saltzer. Modelo 6051. Modelo 2033
- 100-240 V 50/60 Hz
- 4-20 mA
- Robusta carcasa de aluminio
- Múltiples posibilidades de configuración
- Control del final de carrera por fuerza

Precio USD: 1.125,12

6.5.1.1.6 Posicionador eléctrico

El Posicionador Digital es un accesorio para los actuadores eléctricos que convierte a los mismos en un posicionador de válvulas servo controlado. La entrada de consigna de posición es convertida a un valor numérico digital y comparado continuamente con la posición de un potenciómetro acoplado mecánicamente al eje de la válvula.



Figura 6.17: Posicionador Eléctrico – Schubert & Saltzer.

- Tensión de alimentación 220 V AC (+/-10%).
- Señal de entrada 4-20 mA.

- Resistencia carga 750 Ohm max.

Precio U\$D: 697,15

6.5.2 Sistema de control de la columna de destilación.

La columna de destilación recibe una corriente de alimentación proveniente del tanque de neutralización.

Si por variaciones en el proceso el caudal de alimentación de dicha corriente aumenta o disminuye (por ejemplo, aumento en la producción por demanda), la cantidad que se generará de vapor en el tope de columna y de líquido en el fondo, aumentará o disminuirá, por lo tanto, los requerimientos de vapor en el reboiler y de agua fría en el condensador variarán para mantener la relación de reflujo de líquido y vapor que retornan a la columna.

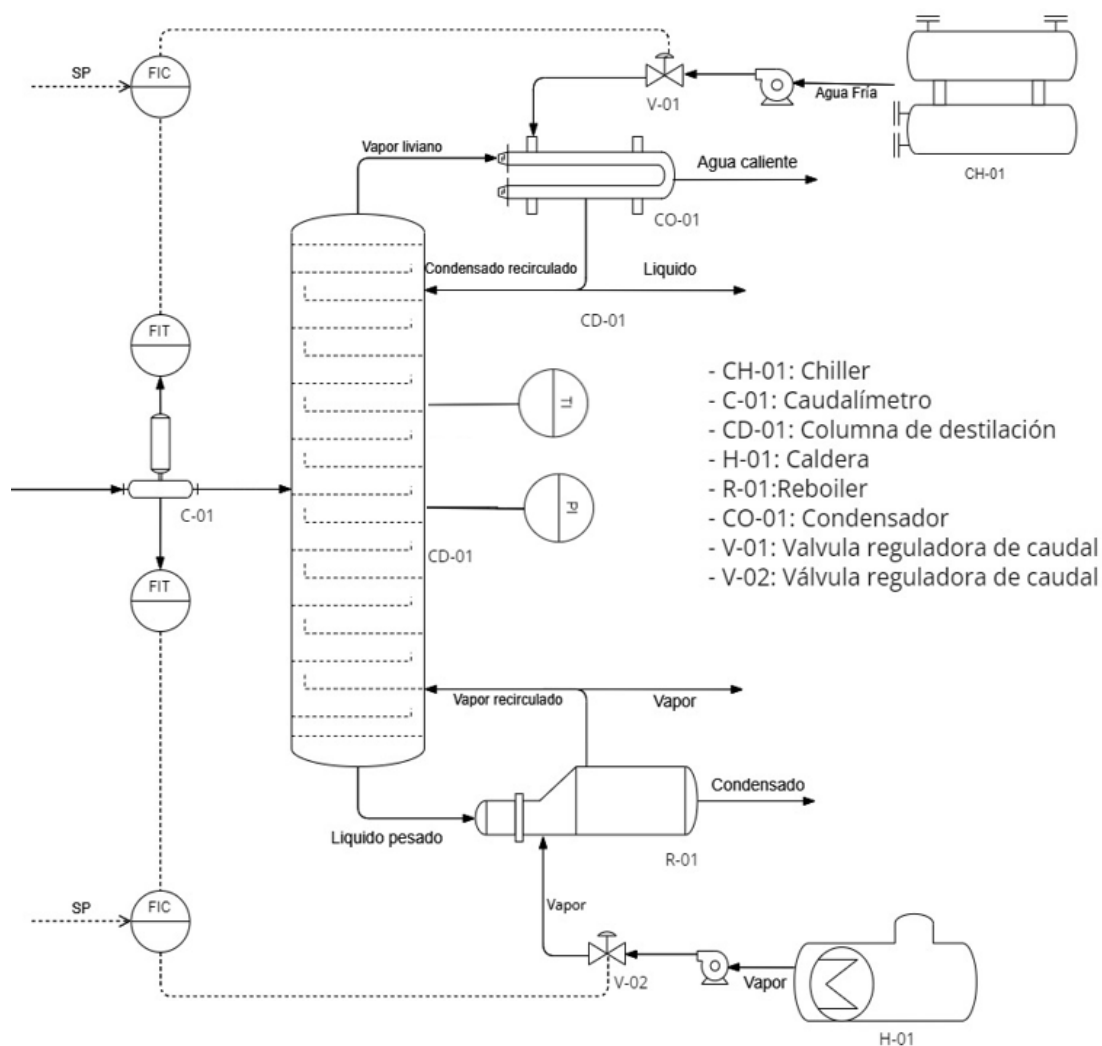


Figura 6.18: Diagrama P&ID Columna de destilación

El transmisor integrado al caudalímetro envía las lecturas de caudal a los controladores, los cuales regulan el paso de vapor y líquido frío proveniente de la caldera y del chiller respectivamente, este control se realiza de manera independiente con válvulas dedicadas para cada una de las corrientes.

6.5.2.1 Equipos involucrados en el sistema de control

6.5.2.1.1 Caudalímetro másico y convertidor de señal para caudalímetro

Al igual que para el sistema de control del tanque de neutralización, es necesaria la incorporación de un caudalímetro con convertidor de señal para la medición del flujo másico de la corriente de entrada. Ambos equipos son los mismos utilizados para el sistema de control del tanque.

6.5.2.1.2 Válvula reguladora de caudal tipo globo (V-01,V-02)

Para la regulación de las corrientes de vapor proveniente del reboiler y de agua proveniente del condensador se utilizarán 2 válvulas tipo globo, las mismas se eligen por su versatilidad para trabajar con distintos tipos de fluidos (en este caso gases y líquidos), su capacidad para regular el caudal y su facilidad para la automatización, la cual se realiza agregando un actuador y un posicionador a la válvula.



Figura 6.19: Válvula reguladora de caudal tipo globo

- Fabricante: Genebre
- Construcción en Acero al Carbono 1.0619
- Material en contacto con el fluido: Acero Inoxidable AISI 304
- Válvula de interrupción de línea con fuelle.
- Eliminación total de fugas por el vástago.
- Extremos Bridados

Precio USD: 202,36

6.5.2.1.3 Actuador eléctrico

El actuador eléctrico es el responsable de recibir la señal eléctrica del controlador y modificar la posición de la válvula para aumentar o disminuir el caudal (de la corriente de vapor o de líquido) en función del valor de dicha señal.



Figura 6.20: Actuador Eléctrico – Genebre.

- Fabricante: Genebre
- Resistente a la corrosión.
- Fijación ISO 5211.
- Protección IP-67.
- Mando manual de emergencia.
- Indicador óptico de posición.

Precio USD: 901,46

6.5.2.1.4 Posicionador eléctrico

El Posicionador Digital es un accesorio para los actuadores eléctricos que convierte a los mismos en un posicionador de válvulas servo controlado. La

entrada de consigna de posición es convertida a un valor numérico digital y comparado continuamente con la posición de un potenciómetro acoplado mecánicamente al eje de la válvula.



Figura 6.21: Posicionador Eléctrico – Genebre

- Tensión de alimentación 220 V AC (+/-10%).
- Señal de entrada 4-20 mA.
- Resistencia carga 750 Ohm max.

Precio USD: 600

Precio total del conjunto Válvula-Actuador-Posicionador: USD 1.703,82

6.6 BIBLIOGRAFÍA

[1] Medidor Nivel Tanque Agua Sensor Indicador Agua Viyilant, Mercado Libre:
<https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-899805908-medidor-nivel-tanque-agua-sensor-indicador-agua-viyilant->

[2] Sensor Nivel De Agua Interruptor Acero Inox Esc11 M10, Mercado Libre:
https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-928733679-sensor-nivel-de-agua-interruptor-acero-inox-esc11-m10-JM#position=7&search_layout=stack&type=item&tracking_id=10c2f21f-bdc5-4d72-a763-ad1e5abd0447

[3] MANOMETER 7021 63MM -1+0 Bar, Emvo Techniek:
<https://www.emvo.com/285000.html>

[4] MANOMETER 7811 63MM 0-400 M/BAR , Emvo Techniek:

<https://www.emvo.com/278400.html>

[5] Pt 100 ifm electronic TM4511, Automation 24:

<https://www.automation24.es/pt-100-ifm-electronic-tm4511>

[6] Phmetro Portátil Arcano Ph-98109I Ph 0-14/atc Emulsiones, Mercado Libre:

https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-923712525-phmetro-portatil-arcano-ph-98109I-ph-0-14atc-emulsiones-JM?matt_tool=25342579&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=19555639082&matt_ad_group_id=144714004026&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=644582848935&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=141929352&matt_product_id=MLA923712525&matt_product_partition_id=335093414583&matt_target_id=aud-1925157273260:pla-335093414583&gclid=Cj0KCQjwpompBhDZARIsAFD_Fp-sQ9EyE_swseM89ILXvNqxs8dxEtAR__nBPRb4a4rFJ4_34hlilwQaAq5aEALw_wcB

[7] Densímetro portatil digital DMA 35, OneLab:

<https://www.onelab.com.ar/densimetro-portatil-digital-dma-35>

[8] Viscosímetro NDJ-4 de baja viscosidad, OneLab:

<https://www.onelab.com.ar/viscosimetro-ndj-4-de-baja-viscosidad>

[9] Horno mufla 100° a 1250°C, OneLab: [https://www.onelab.com.ar/horno-](https://www.onelab.com.ar/horno-mufla-1250c?gclid=Cj0KCQjw7JOpBhCfARIsAL3bobebe3GbKu2qkKZ8-DRdarlapXy5-pWKF9Lah3oAPhKIKMxCobViDNEaAjjfEALw_wcB)

[mufla-1250c?gclid=Cj0KCQjw7JOpBhCfARIsAL3bobebe3GbKu2qkKZ8-DRdarlapXy5-pWKF9Lah3oAPhKIKMxCobViDNEaAjjfEALw_wcB](https://www.onelab.com.ar/horno-mufla-1250c?gclid=Cj0KCQjw7JOpBhCfARIsAL3bobebe3GbKu2qkKZ8-DRdarlapXy5-pWKF9Lah3oAPhKIKMxCobViDNEaAjjfEALw_wcB)

[10] Titulador TITROLINE 7500 KF para determinación de Karl Fischer, OneLab:

<https://www.onelab.com.ar/titulador-titroline-7500-kf-para-determinacion-de-karl-fischer>



CAPITULO VII

HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

7 HIGIENE, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

La higiene y seguridad industrial es el conjunto de normas que puedan conformar un ambiente seguro en el trabajo, evitando pérdidas de maquinarias u operarios, visto desde diferentes perspectivas como, por ejemplo: las medidas de prevención y control de accidentes y enfermedades en el área de trabajo. La seguridad e higiene industrial es de vital importancia en cualquier empresa con el fin de reducir la probabilidad de accidentes de trabajo o una enfermedad profesional, por lo que estos problemas traerían consecuencias que pueden ser perjudiciales tanto para las compañías como para las personas que trabajan en ella.

Respecto al medio ambiente, es importante destacar que las industrias consumen grandes cantidades de energía, agua, y originan enormes cantidades de residuos. Será una política de esta industria la optimización del consumo energético y de agua, y realizar una disposición segura de los residuos que se originen.

Se seguirán los lineamientos establecidos por la ley de Higiene y Seguridad en el trabajo (19.587), puntualmente en su decreto 351/79, para establecer todas las medidas necesarias para su cumplimiento.

7.1 Elementos de protección personal (EPP).

En este apartado se abordarán las condiciones materiales que la empresa propiciará a sus empleados para protegerse de las actividades laborales que se realizan. Además, se realizarán cursos periódicos del correcto uso de los EPP, respetando siempre las señales preventivas ubicadas en los distintos sectores de la planta.

7.1.1 Cabeza.

Para proteger al operario de impactos en su cabeza, se le proveerá casco de seguridad que cumpla con los requisitos de resistencia al corte, flexibilidad, estabilidad química y física, comodidad.



Figura 7.1: Casco de seguridad Libus.

- Cantidad: 40 unidades
- Proveedor: Monster Tools

Precio: 4 USD/unidad

Para personal de laboratorio el cual estará en contacto con materias primas y producto terminado, deberá utilizar cofias descartables certificadas por ANMAT de manera de impedir contaminación por caída de cabello en la sustancia a tratar.



Figura 7.2: Cofia de seguridad certificada por ANMAT.

Precio: 0,02 USD/unidad

Cantidad: 1000 unidades

Proveedor: Mayorista MISION

7.1.2 Ojos.

Para protección ocular tanto de operarios de producción como de analistas de laboratorio la empresa proveerá gafas de seguridad que cumplan con los requisitos de anti empañó, anti rayadura, anti impacto y filtro UV.



Figura 7.3: Gafas de seguridad SpyFlex.

- Cantidad: 40 unidades
- Proveedor: SIFEGA COMPANY SA

Precio: 4,10 USD/unidad

Además, en el taller de mantenimiento habrá dos máscaras fotosensibles para soldar disponibles para los operarios que tengan que realizar tareas de soldadura.



Figura 7.4: Máscara fotosensible para soldar.

- Cantidad: 2 unidades
- Proveedor: BULONERA GUEMES

Precio: 13,20 USD/unidad

7.1.3 Boca/Nariz.

Para protección respiratoria tanto para evitar dispersión de microorganismos y/o inhalar sustancias nocivas para la salud, la empresa proveerá el barbijo respirador 3M 8720 el cual cuenta con la certificación de ANMAT.



Figura 7.5: Barbijo 3M.

- Cantidad: 20 unidades
- Proveedor: RURAL SAFETY

Precio: 0,76 USD/unidad

7.1.4 Manos.

Para la protección de manos frente a agentes químicos se deben utilizar guantes de nitrilo. La empresa proveerá aquellos que estén certificados por ANMAT. Se dispondrá de 3 cajas (por 100 unidades cada una) de cada talle: S, M y L.



Figura 7.6: Guantes de Nitrilo.

- Cantidad: 9 cajas
- Proveedor: ONESHOP ARG

Precio: 6,43 USD/caja de 100 unidades

Aquellos operarios que realicen trabajos mecánicos donde se requiera precisión y seguridad, serán protegidos con guantes de Nylon G13 con certificación IRAM. Son guantes tejidos de poliéster con poliuretano. Se dispondrá de una caja (12 pares cada una) talla M y una caja talla L.



Figura 7.7 Guantes de Nylon con Poliuretano.

- Cantidad: 2 cajas
- Proveedor: SEGURIDAD BLANCO S.A

Precio: 19,5 USD/caja de 12 pares

7.1.5 Oídos.

Teniendo en cuenta que cuando el nivel del ruido excede los 85 decibeles, punto que es considerado como límite superior para la audición normal, el trabajador debe estar dotado de protección auditiva.

La empresa proveerá Protector Auditivo de copa Libus, de tipo orejera para mayor confort.



Figura 7.8 Protector auditivo Libus.

- Cantidad: 10 unidades
- Proveedor: Libus

Precio: 12,6 USD/unidad

7.1.6 Ropa de seguridad.

En la empresa el personal productivo, de mantenimiento y de laboratorio deberá utilizar ropa de seguridad con el fin de preservar su seguridad y no favorecer la contaminación cruzada con la ropa de calle de los trabajadores. Se proveerá mameluco de grafa para personal productivo y de mantenimiento, y para el personal de laboratorio chaqueta y pantalón de algodón y poliéster.



Figura 7.9: Mameluco de grafa.

- Cantidad: 25 unidades
- Proveedor: SEGUCENTRO

Precio: 28 USD/unidad



Figura 7.10 Pantalón y chaqueta de laboratorio.

- Cantidad: 6 unidades
- Proveedor: WSTANDAR GROUP

Precio: 30,5 USD/unidad

7.1.7 Calzado de seguridad.

Para proteger los pies de los trabajadores se deberá utilizar en todo momento en la planta calzado de seguridad. El mismo deberá ser anti deslizante, confortable, resistente a la abrasión y a agentes químicos, dieléctrico y de bajo peso.

La empresa proveerá botines de seguridad marca Pampero con punta de acero, que cumple con los requisitos anteriormente mencionados.



Figura 7.11: Botín de seguridad Pampero con punta de acero.

- Cantidad: 45 unidades
- Proveedor: BLACKS INDUMENTARIA

Precio: 29 USD/unidad

7.1.8 Tabla resumen EPP.

Tabla 7.1 Resumen EPP.

Elementos	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Casco de seguridad	40,0	4,00	160,00
Cofia descartable	1.000,0	0,02	20,00
Gafa de seguridad	40,0	4,10	164,00
Máscara fotosensible	2,0	13,20	26,40
Caja de Barbijos	20,0	0,76	15,20
Caja Guantes de nitrilo	9,0	6,43	57,87
Caja Guantes de nylon	2,0	19,50	39,00
Protector auditivo	10,0	12,60	126,00
Mameluco de grafa	25,0	28,00	700,00
Chaqueta y pantalón laboratorio	6,0	30,50	183,00
Calzado de seguridad	45,0	29,00	1305,00
Total			\$ 2.796,47

7.2 Seguridad, equipos e instalación industrial.

7.2.1 Señalización.

En toda la planta se colocarán carteles de manera estratégica con distintos de tipo de indicaciones para la correcta operatividad de la planta. Se dispondrá de la siguiente señalización:

- De Prohibición (rojas)
- Obligatorias (azules)
- Preventivas (amarillas)
- De evacuación y salvamento (verdes)



Figura 7.12 Cartelería

- Cantidad: 100 unidades
- Proveedor: ROMA BASABE

Precio: 0,13 USD/unidad

7.2.2 Ducha de seguridad con lavador de ojos.

Se dispondrá en la planta duchas de seguridad con lavador de ojos integrado, ubicadas en las proximidades de los equipos que manejen corrientes calientes. Estas duchas estarán provistas de agua fría en caso de derramamiento de líquidos calientes o agresivos sobre el cuerpo del personal o sobre los ojos en caso que no estuvieran usando los elementos de protección personal.

En total habrá 5 duchas de emergencia distribuidas estratégicamente en la planta.



Figura 7.13 Ducha de seguridad con lavador de ojos.

- Cantidad: 5 unidades
- Proveedor: RAMOS GENERALES S.A

Precio: 171,5 USD/unidad

7.2.3 Botiquín de primeros auxilios.

A pesar que el parque industrial cuenta con servicio de enfermería, habrá en cada sector un botiquín de primeros auxilios para brindarle una atención previa al trabajador en caso de emergencia. El botiquín que provee la empresa estará completo y contará con 60 elementos:

- 20 Apósitos tipo Curitas
- 4 Sobres de GASAS (40 unid)
- 2 Vendas tipo Cambric de 5cm
- 1 Agua Oxigenada 100cc
- 11 Sobre Alcohol en Gel 4.5ml
- 5 Bajalenguas de Madera
- Algodón 70 gr
- 1 Toallita Femenina primera Marca
- 3 Pares de Guantes de Polietileno
- 2 Pares de Guantes de Látex
- 1 Par de Guantes de Nitrilo
- 5 Barbijos descartable TRICAPA
- 1 Sobre de Bicarbonato de Sodio
- 1 Cinta Médica
- 1 Guía de Primeros Auxilios



Figura 7.14 Botiquín primeros auxilios.

- Cantidad: 13 unidades
- Proveedor: SALUD VICENTE LOPEZ

Precio: 8 USD/unidad

7.2.4 Tabla resumen equipos de seguridad.

Tabla 7.2 Resumen equipos de seguridad

Elementos	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Ducha de seguridad con lavaojos	5,0	171,50	857,50
Cartelería	100,0	0,13	13,00
Botiquín primeros auxilios	13,0	8,00	104,00
Total		\$	974,50

7.2.5 Capacitación y seguridad industrial.

La jefatura de mantenimiento y seguridad industrial junto al técnico de higiene y seguridad estarán a cargo de brindar a todo el personal de la planta capacitaciones respecto a todo lo que involucra riesgos, accidentes laborales, evacuaciones, métodos de trabajo seguro, protocolos de seguridad.

Los trabajadores recibirán en tiempo y forma su ropa de trabajo y EPP, siendo capacitados sobre el correcto uso de los mismos.

Se trabajará permanentemente para analizar nuevas circunstancias que surjan en materia de seguridad industrial buscando siempre la mejora continua con el objetivo de reducir/mitigar accidentes, incidentes y enfermedades laborales.

Servicio contra incendio.

A continuación, se presenta el análisis del estado de protección contra incendios según lo establecido en el Decreto 351/79 Capítulo 18 (1) que reglamenta la Ley 19587. Artículo 160. La protección contra incendios comprende el conjunto de condiciones de construcción, instalación y equipamiento que se deben observar tanto para los ambientes como para los edificios, aún para trabajos fuera de éstos y en la medida en que las tareas los requieran. Los objetivos a cumplimentar son:

1. Dificultar la iniciación de incendios.
2. Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.
3. Asegurar la evacuación de las personas.
4. Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.
5. Proveer las instalaciones de detección y extinción.

7.2.6 Riesgo de incendio.

A continuación, se presenta una tabla en la que se discriminan los riesgos de incendio de acuerdo a la combustión de los materiales

Tabla 7.3 Riesgos de incendio

Actividad predominante	Clasificación de los materiales según su combustión						
	Riesgos						
	1	2	3	4	5	6	7
Residencial Administrativo	NP	NP	R3	R4	--	--	--
Comercial Industrial Depósito	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Espectáculos Cultura	NP	NP	R3	R4	--	--	--

Notas: Riesgo 1: Explosivo / Riesgo 2: Inflamable / Riesgo 3: Muy Combustible / Riesgo 4: Combustible / Riesgo 5: Poco Combustible / Riesgo 6: Incombustible/ Riesgo 7: Refractarios / NP: No Permitido

El depósito de insumos, de producto terminado, el sector de producción y la administración son considerados riesgo R3 por contar con materiales que

expuestos al aire pueden ser encendidos y continúan ardiendo una vez retirada la fuente de ignición. Estos materiales son los pallets de madera, el carbón activado, el glicerol. En el caso de la administración los escritorios de madera y papel,

La sala de caldera representa un riesgo de incendio R2 por contar con material inflamable como lo es el gas natural.

Garita de seguridad, estacionamiento, espacio para circulación de camiones y taller de mantenimiento son R4 por presencia intermitente de camiones y autoelevadores que cargan y descargan pallets

El sector de tanques de agua, vestuario, y el laboratorio son considerado R5 por tener materiales poco combustibles.

7.2.7 Carga de fuego y Resistencia al fuego.

Para poder determinar el sistema contra incendio correspondiente se debe calcular la carga de fuego de cada sector que involucre un riesgo de incendio. Se define como carga de fuego al peso en madera por unidad de superficie (kg/m²) capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el sector de incendio.

Para su cálculo, lo primero que se debe hacer es calcular el peso de madera equivalente correspondiente al sector debido a los materiales presentes allí

Ecuación 7.1 Peso de madera equivalente.

$$\text{Peso de madera equivalente (kg)} = \frac{\sum \text{Poder calorífico (kcal)}}{\text{Poder calorífico de la madera } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)}$$

Luego, la carga de fuego se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 7.2 Carga de fuego.

$$\text{Carga de fuego } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = \frac{\text{Peso equivalente}}{\text{Area del sector de incendio}}$$

A continuación, se determinará la carga de fuego para cada sector de la planta, teniendo en cuenta los materiales presentes en el mismo, sus cantidades y el área del sector de incendio.

Tabla 7.4 Carga de fuego de cada sector

Producción de Glicerina USP

Sector	Material	Cantidad (kg)	Poder calorífico del material (kcal/kg)	Poder calorífico total (kcal)	Poder calorífico madera (kcal/kg)	Peso de madera equivalente (kg)	Área del sector (m2)	Carga de fuego (kg/m2)
Depósito de insumos	NaOH 50% p/p	5.000,00	0,76	3.824,09	4.400,00	0,87	60,00	54,62
	Carbón Activado	1.816,00	7.648,18	13.889.101,34		3.156,61		
	Pallets	120,00	4.400,00	528.000,00		120,00		
Depósito de producto terminado	Glicerina USP	20.000,00	3.824,09	76.481.835,56		17.382,24	288,00	77,85
	Pallets	5.040,00	4.400,00	22.176.000,00		5.040,00		
Sector de producción	Glicerol crudo	74.500,00	3.716,00	276.842.000,00		62.918,64	910,00	92,16
	NaOH 50% p/p	7.033,50	0,76	5.379,35		1,22		
	Agua	19.247,00	1,00	19.247,00		4,37		
	Glicerina USP	23.403,00	3.824,09	89.495.219,89		20.339,82		
	Pallets	600,00	4.400,00	2.640.000,00		600,00		
Sala caldera	Gas natural	4.915,00	9.300,00	45.709.500,00		10.388,52	112,00	92,77
	Agua	6.000,00	1,00	6.000,00		1,36		
Administración	Madera	440,00	4.400,00	1.936.000,00		440,00	325,00	1,74
	Papel	110,00	5.000,00	550.000,00		125,00		
Vestuario	Papel	20,00	5.000,00	100.000,00		22,73	176,00	0,32
	Telas	30,00	5.000,00	150.000,00		34,09		
Laboratorio C de C	Papel	30,00	5.000,00	150.000,00		34,09	40,00	3,85
	Madera	120,00	4.400,00	528.000,00		120,00		
Garita, espacio para circulación camiones, estacionamiento, taller mantenimiento	Papel	55,00	5.000,00	275.000,00		62,50	2.117,70	0,80
	Pallets	560	4.400,00	2.464.000,00		560,00		
	Gas oil	500,00	9.500,00	4.750.000,00		1.079,55		

Según el tipo de riesgo de cada sector y la carga de fuego anteriormente calculada podemos determinar la resistencia al fuego de los elementos estructurales y constructivos de la planta gracias a la siguiente tabla 7.5

Tabla 7.5 Resistencia al fuego

Carga de fuego	Riesgo				
	1	2	3	4	5
hasta 15 kg/m ²	--	F 60	F 30	F 30	--
desde 16 hasta 30 kg/m ²	--	F 90	F 60	F 30	F 30
desde 31 hasta 60 kg/m ²	--	F 120	F 90	F 60	F 30
desde 61 hasta 100 kg/m ²	--	F 180	F 120	F 90	F 60
mas de 100 kg/m ²	--	F 180	F 180	F 120	F 90

- El depósito de materia prima contará con una resistencia al fuego de los elementos estructurales y constructivos correspondiente a F 90.
- El depósito de producto terminado y el sector de producción contarán con una resistencia al fuego de los elementos estructurales y constructivos correspondiente a F 120.
- La sala de caldera contará con una resistencia al fuego de los elementos estructurales y constructivos correspondiente a F 180.
- El resto de los sectores contará con una resistencia al fuego de los elementos estructurales y constructivos correspondiente a F 30.

7.2.8 Condiciones de situación, de construcción y de extinción.

7.2.8.1 Condiciones de Situación.

Con respecto a las condiciones específicas de situación, la planta de producción de sulfato de cobre pentahidratado cumplirá lo especificado por la condición específica S1.

- Condición S1: el edificio se situará aislado de los predios colindantes y de las vías de tránsito y en general, de todo local de vivienda o de trabajo. La separación tendrá la medida que fije la reglamentación vigente y será proporcional en cada caso a la peligrosidad".

7.2.8.2 Condiciones de Construcción.

Las condiciones de construcción constituyen requerimientos constructivos que se relacionan con las características del riesgo de los sectores de incendio.

En lo referido a las condiciones generales de construcción, la planta cumplirá con los siguientes aspectos de la legislación que la competen:

Todo elemento constructivo que constituya el límite físico de un sector de incendio, deberá tener una resistencia al fuego, conforme a lo indicado en el

respectivo cuadro de "Resistencia al Fuego", (F), que corresponda de acuerdo a la naturaleza de la ventilación del local, natural o mecánica.

Las puertas que separen sectores de incendio de un edificio, deberán ofrecer igual resistencia al fuego que el sector donde se encuentran, su cierre será automático. El mismo criterio de resistencia al fuego se empleará para las ventanas.

Con respecto a condiciones específicas de construcción, es importante mencionar las siguientes debido a su importancia en la edificación de los edificios que constituyen la planta:

- Condición C3: los sectores de incendio deberán tener una superficie de piso no mayor de 1.000 m². Si la superficie es superior a 1.000 m², deben efectuarse subdivisiones con muros cortafuego de modo tal que los nuevos ambientes no excedan el área antedicha.

Como en nuestra planta no hay ningún sector que supere los 1.000 m² los muros corta fuego no serán necesarios.

7.2.8.3 Condiciones de Extinción.

Las condiciones de extinción constituyen el conjunto de exigencias destinadas a suministrar los medios que faciliten la extinción de un incendio en sus distintas etapas.

Según lo reglamentado por la ley 19.587:

- Condición general de extinción:
- Todo edificio deberá poseer matafuegos con un potencial mínimo de extinción equivalente a 1 A y 5 BC, en cada piso, en lugares accesibles y prácticos, distribuidos a razón de 1 cada 200 m² de superficie cubierta o fracción. La clase de estos elementos se corresponderá con la clase de fuego probable.
- Condición E4: cada sector de incendio con superficie de piso mayor que 1.000 m² deberá cumplir la Condición E 1. La superficie citada se reducirá a 500 m² en subsuelos.
- Condición E1: se instalará un servicio de agua, cuya fuente de alimentación será determinada por la autoridad de bomberos de la jurisdicción correspondiente. En actividades predominantes o secundarias, cuando se demuestre la inconveniencia de este medio de

extinción, la autoridad competente exigirá su sustitución por otro distinto de eficacia adecuada.

7.2.9 Extintores.

Los extintores son los equipos manuales de extinción de incendios que sirven para combatir el fuego desde el momento inicial hasta la intervención de la Brigada de Emergencia o la llegada de los Bomberos.

En la planta los tipos de fuegos que pueden originarse son:

- Fuego clase “A”: son los que se producen con combustibles sólidos, como la madera, la ropa, el cartón, etc. Este tipo de fuego deja brasas como residuos, pudiendo volver a encenderse nuevamente.
- Fuego clase “B”: implican líquidos y gases inflamables como la gasolina, el aceite, la pintura, los alcoholes, producen altas temperaturas y humo color negro intenso.
- Fuego clase “C”: involucra a todo fuego que compromete equipos eléctricos energizados con electricidad viva, y para los cuales el elemento extintor no sea conductor de la corriente, una vez desconectada la energía, el fuego, según el tipo de combustible comprometido, se transforma en fuego de clase A, B, D o K. (2)

Por lo tanto, el tipo de extintor más conveniente es el ABC. Utiliza polvo químico seco, especialmente fluidizado y siliconado de fosfato monoamónico ABC90 con Sello IRAM 3569. Los extintores de 5 kg adquiridos cuentan con soporte, chapa baliza, sello OPDS, sello Bureau Veritas y válvulas de bronce.



Figura 7.15 Extintos tipo ABC.

- Cantidad: 20 unidades (justificado en la tabla 7.6)
- Proveedor: SELCA HOGAR.

Precio: 39 USD/unidad

Tabla 7.6 Cantidad de extintores

Departamento	Área (m2)	Cantidad de extintores
Sector Producción	910	5
Tanques de agua y equipo de enfriamiento	110	2
Depósito de insumos	60	1
Depósito de producto terminado	288	2
Laboratorio C de C.	40	1
Administración	325	2
Vestuario Planta	176	2
Sala caldera	112	2
Taller de mantenimiento	56	1
Garita de seguridad	12	1
Total		19

Además, se instalarán detectores de humo en todos los sectores ubicados estratégicamente de manera de tener mayor seguridad ante el riesgo de incendios.



Figura 7.16 Sensor detector de humo.

- Cantidad: 20 unidades
- Proveedor: WE GLAM.

Precio: 3,7 USD/unidad

7.2.10 Red contra incendio.

Para lograr una óptima protección contra incendio, se decide llevar a cabo la instalación de una red contra incendio. Teniendo en cuenta que existen sectores con carga de fuego alta como lo es el sector de caldera, donde existe un gran flujo de gas natural.

Las redes pueden ser abiertas en anillo con hidrantes y bocas de incendio de 45 mm (1¾"), por lo cual, deben estar equipados con este calibre de mangueras.

El radio de cobertura sin obstáculos es de 20 m para los hidrantes 45 mm (1¾"), mientras que para los hidrantes equipados con mangueras de 65 mm (2½") se considera 25 m.

Se ubican preferentemente cerca de las aberturas de acceso a los edificios, sobre las paredes o columnas exteriores. No es necesario proteger con bocas de incendio aquellos niveles cuya superficie sea menor que 120 m². Se permite no instalar bocas de incendio, solamente aquellos niveles que con superficies mayores que 120 m², pueden ser cubiertos por un hidrante ubicado en una escalera o puerta de acceso y siempre que la superficie sea menor que 200 m².

En nuestro caso se deben instalar bocas de incendio en el área de producción (1 unidades), en las áreas de almacenamiento (2 unidades) y en el sector de caldera (1 unidades).

Las características de los hidrantes son las siguientes:



Figura 7.17 Hidrante

Posee:

- 1 gabinete chapa puerta con vidrio 1 3/4" 71200

- 1 lanza con boquilla chorro pleno de bronce 1 3/4" 40000
- 1 manguera 1 3/4" X 20 m con uniones. 257200
- 1 válvula tipo teatro 2 X 1 3/4" 66500

- Cantidad: 4
- Proveedor: Forex

Precio: 385 USD/unidad.

7.2.11 Bomba contra incendio.

Se debe instalar una bomba principal la cual proveerá independientemente el caudal para el cual se diseñó el sistema. El diseño se llevará a cabo siguiendo la normativa Argentina Norma IRAM 3597 (3).

La bomba de incendio se ubica a una distancia mínima de 10 metros del edificio a proteger.

Debe ser un equipo diseñado para el servicio de incendio y cumplir con las siguientes características:

Suministrar el 150 % del caudal nominal a no menos del 65 % de la presión nominal.

La presión a caudal 0 no debe superar el 140 % de la presión nominal. La superficie de cálculo (S) se obtiene como la sumatoria de la superficie cubierta total y descubiertas de las plantas de proceso y depósitos al aire libre no separadas por distancias libres.

En los edificios de varias áreas de importancia, para computar la superficie cubierta total en actividades de riesgo leve se debe tener en cuenta la superficie de del sector de incendio mayor, entendiendo a éste como el piso o conjunto de pisos que se encuentren en comunicación entre sí, pero separados del resto con paredes, pisos y puertas de resistencia al fuego.

Como parámetro hidráulico obtenemos la superficie de cálculo (S):

$$S = 1.370 \text{ m}^2$$

El caudal mínimo de las bombas se selecciona según la siguiente tabla indicada por la norma:

En la tabla 7.8 figuran los caudales mínimos de la bomba.

Riesgo	Superficie (S) (m ²)		
	S < 2.500 Lpm	2.500 < S < 10.000 Lpm	10.000 < S < 20.000
Leve	750	1.000	1.500
Moderado, grupo I	1.000	1.000	1.500
Moderado, grupo II	1.000	1.500	2.000
Alto riesgo	1.500	2.000	3.000

El riesgo de la actividad es “Moderado, Grupo I” y posee una superficie cubierta y de proceso inferior a 2.500, por lo cual, la bomba debe tener un caudal mínimo de 1.000 L/min.

Las características del equipo presurizador para red contra incendio equipado con 3 Bombas trifásica Marca Motorarg son las siguientes:



Figura 7.18 Equipo presurizador Red contra incendio.

- Modelo: MYBSM-EQPCI
- Bomba Principal de 20 HP- Rendimiento 50 m³/h a 55 mca
- Bomba Auxiliar de 20 HP - Rendimiento 50 m³/h a 55 mca
- Bomba Jockey de 3 HP - Rendimiento 5 m³/h a 60 mca.
- Colector de Aspiración e Impulsión: realizado en caño negro Schedule 40 diámetro 4" Bridado en uno de los extremos con Bridas y contra bridas.
- Válvulas de Retención: de Bronce tipo Roma Italianas con presiones de trabajo hasta 10 bar, cantidad 3, una para cada bomba.

Válvulas Esféricas: de Bronce reforzadas cantidad total 12 unidades según detalle, 6 para el cuadro de bombas, 3 para los presostatos, 1 para el manómetro, 1 para el tanque hidroneumático y 1 para prueba de funcionamiento del equipo.

- Presostatos: regulables de 1 a 7 Kg/cm² con ajuste de diferencia de 0,5 a 2 Kg/cm².
- Tanque Hidroneumático de 60 litros de Capacidad con membrana intercambiable presión máxima de trabajo de 10 Bar.
- Manómetro de Glicerina de 63 mm con conexión de ¼".
- Tablero Eléctrico de comando y Protección: montado sobre gabinete metálico con protección IP54, llave termomagnética para cada bomba, bomba jockey accionado por contactor con guarda motor de protección, bombas principal y auxiliar con arrancadores suave sin protección, comando en 24VAC, señales Luminosa de presencia de fase, bomba en Funcionamiento y falla de Bomba, llaves de accionamiento manual y automático para cada bomba y pulsador de parada de emergencia, salida de contacto seco para accionamiento de alarma, bornera de entradas y salidas.
- Cantidad: 1.
- Proveedor: Motores y Bombas SM.

Precio: 34.576 USD/unidad.

7.2.12 Cisterna de agua.

Para conocer el tamaño necesario de la reserva de agua, debemos guiarnos por la tabla indicada a continuación:

En la tabla 7.8 figura el tamaño de la reserva de agua

Riesgo	Superficie (S) (m ²)		
	S < 2.500 Litros	2.500 < S < 10.000 Litros	10000 < S < 20.000 Litros
Leve	22.500	30.000	45.000
Moderado, grupo I	45.000	45.000	68.000
Moderado, grupo II	60.000	90.000	120.000
Alto riesgo	90.000	120.000	180.000

El riesgo de la actividad es "Moderado, Grupo I" y posee una superficie cubierta de proceso inferior a 2.500, por lo cual, el depósito de agua debe tener como mínimo 45.000 L.

Nuestro proveedor ofrece cisternas con volumen máximo de 26 m³, por lo tanto, se deben adquirir 2 unidades para cubrir las necesidades. El agua se obtiene de la red que se genera a través de la extracción de agua de pozo.

Se adquirirán 2 tanques cisternas vertical Marca Rotor con las siguientes características:



Figura 7.19 Tanque plástico vertical Rotor de 26000 litros.

- Fabricado mediante el proceso de Moldeo Rotacional (Rotomoldeo), en una sola pieza, sin costuras ni uniones.
- Resina utilizada: Polietileno de Alta Densidad (PEAD) base Hexeno (copolímero de hexeno-1). Material 100% virgen
- Protección Anti UV nivel alto (UV-14)
- Elevada resistencia química a gran cantidad de líquidos. Resistente a la abrasión, la corrosión, a muchos agentes químicos y a soluciones cáusticas.
- Material fisiológicamente inerte. Apto para estar en contacto con alimentos
- Excelente resistencia al impacto
- Baja conductividad térmica y eléctrica
- Temperatura de trabajo: -30°C a 67°C

Medidas:

- Espesores de pared calculados para soportar líquidos de hasta 1,4 Kg/litro de peso específico.

- Espesor mínimo: 12 mm
- Espesor máximo: 18 mm
- Dimensiones máximas:
- Diámetro: 3,05 m
- Altura: 4,00 m
- Peso Total: 640 Kg

Accesorios incluidos:

- Tapa superior pasahombre de 50 cm de diámetro
- Venteo superior de 3"
- Entrada superior de 2" NPT rosca macho, con tapón
- Salida de descarga inferior de 2" NPT rosca hembra

- Cantidad: 2.

- Proveedor: Rotor tanques.

Precio: 2097 USD/unidad.

Tabla 7.9 Resumen elementos contra incendio

Elementos	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Extintores tipo ABC	20,00	39,00	780,00
Detectores de humo	20,00	3,70	74,00
Hidrantes	4,00	385,00	1.540,00
Cisterna	2,00	2.097,00	4.194,00
Equipo presurizador	1,00	34.576,00	34.576,00
Total			41.164,00

7.3 Aspectos legales y regulatorios.

7.3.1 Gestión y normas de calidad.

La empresa adoptará la norma ISO 9001 con el fin de implementar un sistema de gestión de calidad (SGC) que priorice la mejora continua de la compañía y la satisfacción del cliente. Esta norma internacional lleva consigo una serie de procesos cuyo propósito es impregnar de calidad todo lo que respecta a la empresa, desde la naturaleza de los productos y servicios que vende hasta

la forma de cumplir con los requisitos de sus clientes, pasando por un sólido cumplimiento normativo (4).

Adoptar este SGC es sinónimo de compromiso de parte de todos los integrantes de la empresa con el fin de llegar a una gestión de excelencia operacional como lo detalla la siguiente figura.

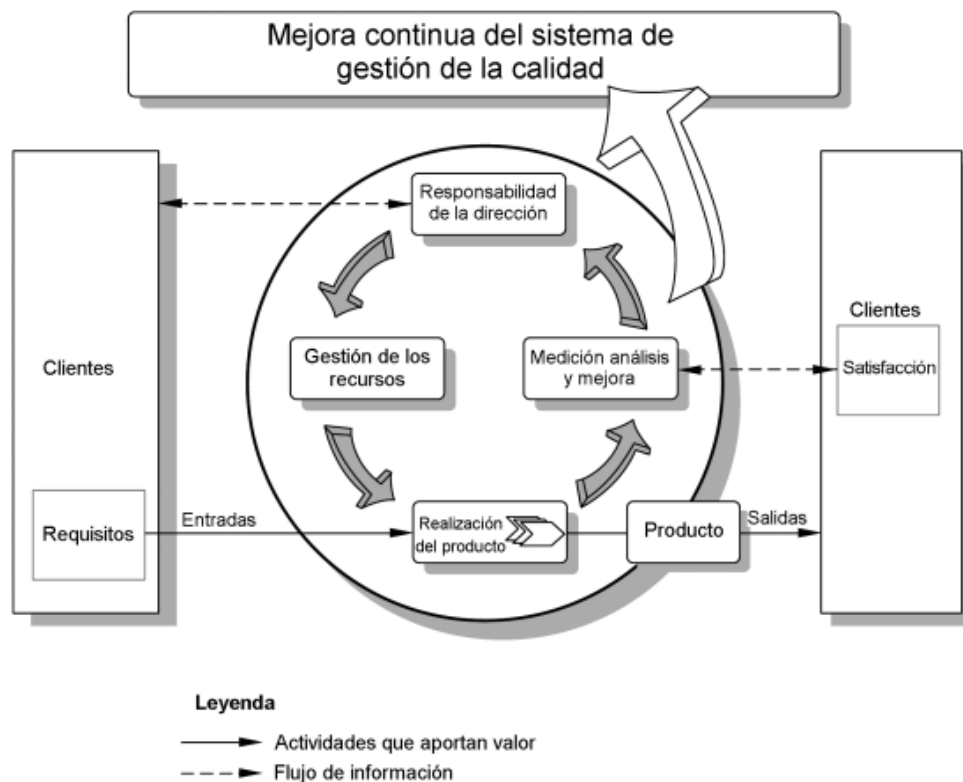


Figura 7.17 Mejora continua del SGC (3).

7.3.2 Medioambiente.

La compañía tendrá total compromiso medioambiental y acatará la normativa vigente:

- Ley Nacional general del medioambiente N° 25.675 (5)
- Ley de Residuos peligrosos N° 24.051 (6)
- Ley provincial de medio ambiente de la localidad de San Lorenzo, Santa Fe. La cual busca preservar, conservar, mejorar y recuperar el medio ambiente, los recursos naturales y la calidad de vida de la población. Así como también asegurar el derecho irrenunciable de toda persona a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la dignidad del ser humano. (7)

- Ordenanza municipal de San Lorenzo, Sante fe N° 3072, adhiriéndose al programa de monitoreo continuo de calidad del aire del cordón del parque industrial San Lorenzo. (8).

Respecto al tratamiento de efluentes no será necesaria una planta de tratamiento de los mismos ya que el proceso cuenta con solo dos corrientes de efluentes que serán tratadas de las siguientes maneras:

- Efluente sólido corriente 20 (ver flowsheet capítulo IV): el mismo es una torta seca sólida producto del evaporador de película fina en el que se recupera glicerina grado USP de la cola del destilador. Esta tiene un alto valor nutricional para el suelo por lo que se dispondrá como abono para los espacios verdes de la planta y del parque industrial San Lorenzo, contribuyendo de esta manera a la economía circular y sustentable.
- Efluente gaseoso corriente 48 (ver flowsheet capítulo IV): el mismo es un vapor con bajo contenido de metanol producto del evaporador de circulación natural en el que se busca concentrar el glicerol crudo. La corriente mencionada contiene vapor de agua con trazas de metanol por lo que, antes de liberarse a la atmósfera, se hace pasar por un filtro de carbón activado el cual retiene las moléculas de metanol, cumpliendo de esta manera con la normativa medioambiental anteriormente mencionada en el presente capítulo.

7.4 Bibliografía.

[1] Decreto 351/79, Ley de Higiene y seguridad en el trabajo:
servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo7.htm

[2] Apuntes de la asignatura “Higiene y Seguridad en el Trabajo”.

[3] Norma IRAM 3597, Zensitec: <https://zensitec.com.ar/wp-content/uploads/IRAM-3597-2-Instalaciones-Fijas-Contra-Incendios-Hidrantes-y-bocas-de-incendio-2013-ZENSITEC.pdf>

[4] Norma Iso 9001, Argentina Gobierno:
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/iso-9001-2008_es_cert.pdf

[5] Ley 25675, Argentina Gobierno:

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25675-79980/texto>

[6] Ley 24051, Argentina Gobierno:

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450/actualizacion>

[7] Ley Provincial San Lorenzo :

<https://www.santafe.gov.ar/normativa/getFile.php?id=228059&item=108183&cod=a027a91afd80ef499dcl0a139899f7e#:~:text=%2D%20La%20presente%20Ley%20tiene%20por,de%20vida%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.>

[8] Ordenanza municipal de San Lorenzo, Sante fe N° 3072:

<https://sanlorenzo.gob.ar/3072/>



CAPITULO VIII

INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS Y **SERVICIOS AUXILIARES**

8 Capítulo VIII: Instalaciones complementarias y servicios auxiliares.

Los servicios auxiliares e instalaciones complementarias, son aquellos equipamientos y utilidades necesarias para el correcto funcionamiento de la planta. Entre ellos se encuentran el servicio de agua, vapor de agua, gas natural, sistema de vacío, aire comprimido, equipos de frío, calderas, transformadores e instalaciones eléctricas.

Para el presente proyecto los servicios auxiliares necesarios son:

- Agua, para uso general (consumo humano, baños, limpieza, etc) y agua tratada para el proceso (intercambiadores de calor y tanques de almacenamiento).
- Vapor de agua, para equipos del proceso e intercambiadores de calor.
- Gas natural, para calefacción de ambientes y requerimientos de caldera.
- Energía eléctrica

8.1 Agua.

El parque industrial San Lorenzo cuenta con servicio de agua corriente (1), la cual se utiliza para uso general, es decir, para baños, limpieza, consumo humano, laboratorio. Mientras que el agua utilizada para el proceso se trata en un ablandador de agua y luego se almacena en un tanque.

Se necesita agua de proceso para el tanque de almacenamiento que abastece a la caldera (T-06) y para el chiller (CH-01). Este último es el encargado de proporcionar agua de enfriamiento a los intercambiadores de calor EN-01 y EN-02, y al condensador de la columna de destilación C-01.

En la tabla 8.1 se especifican los consumos diarios de agua para cada etapa teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente.

Tabla 8.1 Consumo diario de agua en la planta.

Etapa	Equipo	Requerimiento diario de agua (m3/día)
Reposición Chiller	CH-01	2,32
Reposición Tanque Caldera	T-06	0,39
Condensador Columna de Destilación	C-01	417, 76
Enfriador de Glicerina USP post Blanqueo	EN-02	19,73

Condensador de Glicerina post Evaporador de película fina	EN-01	25,83
Agua para uso general	-	20
TOTAL		486,03

8.1.1 Tratamiento para el agua de proceso. Ablandador de agua.

Es necesario que el agua destinada para el proceso se haga pasar por un ablandador de agua de manera de evitar incrustaciones en los servicios de vapor, a cargo de la caldera y de agua de enfriamiento, a cargo del chiller. Los ablandadores eliminan los iones de calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) causantes de las incrustaciones en los equipos, las cuales tienen un efecto significativo en la disminución de la eficiencia de transferencia de calor. Además de las pérdidas por transferencia de calor y del incremento en el consumo de energía, las incrustaciones pueden causar un sobrecalentamiento en el metal de los tubos de la caldera, generando fallas como roturas, lo que significa un aumento en el costo por mantenimiento y un riesgo extra en cuanto a la seguridad.

Por lo tanto, el suavizador de agua que se utiliza posee una resina catiónica que intercambia iones de calcio y magnesio por sodio, los cuales no generan incrustación.



Figura 8.1 Ablandador de agua Runxin ST 2000.

Modelo del cabezal	Runxin ST 2000
Volumen Resina Intercambio Iónico	25 l
Medidas Tanque PRFV	8" x 35"
Volumen Tanque Salero	75 l

Caudal Máximo de trabajo	2000 l/h = 48 m ³ /día
Caudal Recomendado de trabajo	1000 l/h = 24 m ³ /día
Corriente	220 V - 1 A
Presión máxima de trabajo	4 kg/cm ²
Presión mínima de trabajo	1,8 kg/cm ²
Proveedor	VITAL WATER ARGENTINA
Precio	673 USD

Tabla 8.2 Características Ablandador de agua. (2)

Sumando el caudal de reposición de agua necesario para el chiller y para la caldera, se tiene un total de 2,71 m³/día por lo que este equipo es más que adecuado para estos requerimientos.

8.1.2 Adopción de tanques de almacenamiento de agua.

Son necesarios 3 tanques, uno como tanque pulmón inicial, otro como tanque de almacenamiento de agua ablandada, y otro como tanque de alimentación a la caldera (tanque de condensados).

8.1.2.1 Tanque pulmón inicial de agua (T-04)

A este tanque llegará el agua de la red del parque industrial San Lorenzo. El agua de este tanque será destinada para uso general y para alimentar el ablandador de agua. Se elige un tanque teniendo en cuenta el caudal diario requerido para uso general y el requerido por el ablandador. Esto da un total de 22,71 m³/día. Se elige un tanque plástico vertical de 26000 litros marca Rotor.



Figura 8.2 Tanque plástico vertical Rotor de 26000 litros.

Descripción:

- Fabricado mediante el proceso de Moldeo Rotacional (Rotomoldeo), en una sola pieza, sin costuras ni uniones.
- Resina utilizada: Polietileno de Alta Densidad (PEAD) base Hexeno (copolímero de hexeno-1). Material 100% virgen
- Protección Anti UV nivel alto (UV-14)
- Elevada resistencia química a gran cantidad de líquidos. Resistente a la abrasión, la corrosión, a muchos agentes químicos y a soluciones cáusticas.
- Material fisiológicamente inerte. Apto para estar en contacto con alimentos
- Excelente resistencia al impacto
- Baja conductividad térmica y eléctrica
- Temperatura de trabajo: -30°C a 67°C

Medidas:

- Espesores de pared calculados para soportar líquidos de hasta 1,4 Kg/litro de peso específico.
- Espesor mínimo: 12 mm
- Espesor máximo: 18 mm
- Dimensiones máximas:
- Diámetro: 3,05 m
- Altura: 4,00 m
- Peso Total: 640 Kg

Accesorios incluidos:

- > Tapa superior pasahombre de 50 cm de diámetro
- > Venteo superior de 3"
- > Entrada superior de 2" NPT rosca macho, con tapón
- > Salida de descarga inferior de 2" NPT rosca hembra

Proveedor: ROTOR TANQUES

Precio: 2097 USD

8.1.2.2 Tanque almacenamiento agua ablandada (T-05).

Como se necesita un caudal de agua ablandada 2,71 m³/día para chiller y caldera, se elige un tanque de 5500 litros marca Rotor. Teniendo en cuenta que puede haber inconvenientes ocasionales tanto con el equipo ablandador de agua como con el servicio de agua de red, por lo que es conveniente tener una reserva de agua ablandada capaz de suplir dos días enteros sin reposición.



Figura 8.3 Tanque plástico vertical Rotor de 5500 litros.

Medidas:

- Espesores de pared calculados para soportar líquidos de hasta 1,4 Kg/litro de peso específico.
- Espesor mínimo: 7 mm
- Espesor máximo: 11 mm
- Dimensiones máximas:
- Diámetro: 2,25 m
- Altura: 1,65 m
- Peso Total: 120 Kg

Accesorios incluidos:

- > Tapa superior pasahombre de 50 cm de diámetro
- > Venteo superior de 1"
- > Entrada superior de 2" NPT rosca macho, con tapón
- > Salida de descarga inferior de 2" NPT rosca hembra

Proveedor: ROTOR TANQUES

Precio: 654 USD

8.1.2.3 Tanque almacenamiento agua de caldera. Tanque de condensados (T-06).

El tanque de almacenamiento de agua de caldera es también llamado Tanque de condensados. A éste llegará además del agua de reposición para la caldera (16 l/h), los condensados provenientes del circuito de vapor (3246 l/h).

Este tanque es una parte importante del sistema de vapor porque aumenta la eficiencia general de la caldera. El condensado devuelto se encarga de precalentar el agua fría de reposición para compensar cualquier volumen de agua perdido. Esto reduce la cantidad de energía necesaria para transformar el agua en vapor y se traduce en menores costes de funcionamiento/utilidad.

El tanque de condensados seleccionado es un tanque TM-6 de 6000 litros de capacidad que cuenta con:

- Entrada de suministro de agua
- Control de nivel de agua
- Nivel visible
- Termómetro
- Entrada suministro de condensados
- Rebose nivel máximo de agua
- Venteo atmosférico



Figura 8.4 Tanque de condensados TM-6 de 6000 litros de capacidad.

Sus medidas en mm son de 2000x1500x2000 (H x W x L) y su peso en kg es de 1280.



Figura 8.5 Medidas Tanque de condensados TM-6.

Proveedor: SPIRAX SARCO S.A

Precio: 5125 USD

8.1.3 Agua de enfriamiento.

8.1.3.1 Equipo de enfriamiento Chiller (CH-01).

Para poder cumplir con los requerimientos de los enfriadores EN-01, EN-02 y del condensador de la columna de destilación C-01 calculados en la unidad IV, es necesario contar continuamente con agua a 25°C. Para resolver esta problemática se decide colocar un Chiller (CH-01), que no es más que un equipo que tiene la capacidad de enfriar un fluido (en este caso agua) mediante el uso de un refrigerante.

El Chiller HW600 provisto por la empresa HANSUN COOL TECHNOLOGY cumple con los requerimientos del presente proyecto y tiene las siguientes características:



Figura 8.6 Chiller HW600.

Tabla 8.3 Características Chiller HW600.

Características	Valores
Potencia	21,2 kW
Rango de Temperatura	10-65 °C
Caudal máximo admitido por la bomba	350 l/min
Máxima altura	40 m
Dimensiones (LargoxAnchoxAlto)	900x1700x1300 mm
Peso	650 kg
Capacidad de enfriamiento	60kW

Proveedor: HANSUN COOL TECHNOLOGY

Precio CIF (Puerto Rosario): 8.985 USD

8.1.4 Bombas.

Para trasladar el agua entre los diferentes tanques y equipos es necesario el uso de bombas capaces de cumplir con los requerimientos del proceso. Tanto como para transportar el agua del tanque pulmón inicial (T-04) al ablandador de agua (A-01) y para alimentar Chiller (CH-01) y tanque de condensados (T-06), se utilizarán dos bombas (B-13 y B-14) de las siguientes características.

- Bomba centrífuga monofásica Marca Leo
- Cuerpo de bomba en hierro fundido, con tratamiento especial anti-corrosión y bocas roscadas.
- Impulsor de acero inoxidable.
- Eje en acero inoxidable AISI 304

- Protección térmica incorporada.
- Potencia: 0.5 HP
- Aspiración máxima: 8 metros
- Altura máxima: 23 metros
- Caudal máximo: 90 L/min
- Temperatura máx. del líquido: +60°C
- Cantidad: 2 (B-13 y B-14)
- Precio Unitario: 100,87 USD
- Proveedor: CER AMERICLATINA



Figura 8.7 Bomba centrífuga 0,5 hp LEO. (3)

Para alimentar enfriadores y para la corriente de retorno al Chiller (CH-01), se utilizará la siguiente bomba (B-15 y B-16):

- Bomba Centrífuga monofásica Elektrim
- Potencia: 3 hp
- Material del eje de la bomba: Acero Inoxidable
- Caudal máximo de bombeo: 917 l/min
- Aspiración máxima: 6 metros
- Altura máxima: 28 metros
- Cantidad: 2 (B-15 y B-16)
- Precio: 302,11 USD
- Proveedor: TIENDELAGUA



Figura 8.8 Bomba centrífuga 3 hp ELEKTRIM. (4)

8.1.5 Tarifa de Agua.

La tarifa de agua en San Lorenzo, Santa Fe consta de una carga fija de \$2.414,76 más un excedente de \$57,23 por consumir más de 65 m³/mensuales. La empresa que provee este servicio es Aguas Santafesinas SA. Cabe destacar que, por ordenanza municipal, la tarifa sufre aumentos de precio, siendo para el período Marzo/Abril de 2024 el costo fijo \$3.380,67 y el excedente \$80,49. (Tarifa de Agua Santa fe. Ordenanza N°4151.pdf).

Vapor de agua.

Este servicio auxiliar es clave para el funcionamiento de la planta ya que se utiliza en el reboiler de la columna de destilación (C-01), siendo esta una de las operaciones más importantes del proceso, en el calentador previo al ingreso de la corriente de glicerina a dicha columna (CA-01), en la columna de desodorizado (CD-01), en el evaporador de película fina (EV-02) y en el evaporador de circulación natural (EV-01).

El vapor que se utiliza está a 1,7 bar de presión y la temperatura es de 115 °C, por lo que el calor latente de vaporización es 0,617 kW/kg. Conociendo este valor y el calor necesario en cada uno de los equipos que requieren este servicio, se calcula la masa de vapor a entregar en cada uno de ellos (calculado en el balance de energía del capítulo IV) y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8.4 Requerimientos de vapor en el proceso.

EQUIPO	CALOR REQUERIDO (kW- h)	CAUDAL DE VAPOR NECESARIO (kg/h)
CA-01	61,6	99,9
C-01	469,8	762
CD-01	1.248	2.024
EV-01	199,8	324
EV-02	16,03	26
	TOTAL (kg/h)	3.235,9

8.1.6 Dimensiones de las tuberías de distribución de vapor y retorno de condensados.

8.1.6.1 Consideraciones.

Para dimensionar el diámetro de una tubería de vapor saturado y retorno de condensado, se tienen en cuenta la velocidad y la presión con la que circulan en la línea de distribución.

El diámetro de la tubería depende de la velocidad del vapor, puesto que, con una mayor velocidad del vapor en la línea de distribución, aumentan la erosión y el ruido. Por lo tanto, las velocidades recomendadas para una

adecuada y correcta distribución de vapor dentro de las líneas son de 25 a 35 m/s. En cuanto al retorno de condensado, teniendo en cuenta que solo es líquido lo que circula por la línea, la velocidad oscila entre 1 y 1,5 m/s (5).

El diámetro interno de la tubería se calcula con la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Mv * Ve}{V * \pi}}$$

Ecuación 8.1 Cálculo del diámetro interno tubería de vapor

Siendo:

D: Diámetro interno de la tubería (m)

Mv: masa de vapor (kg/h)

Ve: Volumen específico del vapor (m³/kg)

V: Velocidad del vapor (m/s)

A lo largo de toda la superficie externa de una tubería que transporta vapor, existe una pérdida de calor hacia el ambiente por convección y radiación. Esto hace que parte del mismo se condense, reduciendo su presión y temperatura con lo cual se genera una disminución de la calidad del vapor. Es por tal motivo que a las tuberías de distribución se les coloca un aislante térmico. Para tuberías en las que pasa vapor a presiones iguales o menores a 10 atm se ha determinado empíricamente que:

- Para tuberías menores a 2 in. De diámetro se tendrá 1 in. de espesor de aislante.
- Para tuberías mayores a 2 in. De diámetro se tendrá 2 in. de espesor de aislante.

En cuanto a la línea de condensado, esta recibe el condensado del vapor de agua de saturado, una vez que este último entregó su calor latente en el equipo correspondiente, y lo lleva hasta el tanque de condensados. De esta manera se aprovecha, la temperatura de la corriente y el tratamiento que ya le fue dado. Este tanque también recibe agua de reposición tratada, para compensar la pérdida de vapor en el sistema (0,05%).

8.1.6.2 Sistema de distribución vapor y retorno de condensados.

Para el abastecimiento de vapor se cuenta con una caldera, a partir de la cual el mismo se distribuye a los equipos CA-01, C-01, CD-01, EV-01 y EV-02. Por lo tanto, a continuación, se calculan los diámetros de las diferentes tuberías teniendo en cuenta la masa de vapor y de condensado que será transportada.

En la siguiente tabla, se muestran los datos requeridos para el cálculo de las tuberías.

Tabla 8.5 Datos de vapor y condensado.

Línea	Caudal másico (kg/h)	Volumen específico (m³/kg)	Velocidad (m/s)	Tipo de tubo	Aislante
Línea de vapor de agua saturado	3.235,89	1,017	35	Acero al carbono – Sch 80	Lana mineral
Línea de condensado	3.219,71	0,001	1,25		

Con los datos de la tabla anterior, se calculan los diámetros internos requeridos para las tuberías de ambas líneas utilizando la ecuación 6.1. Según el valor calculado, se adopta al diámetro nominal que se encuentra en el mercado utilizando la tabla de Ludwig, Commercial wrought steel pipe data (6).

Tabla 8.6 Diámetros internos tuberías línea de vapor y condensado.

Línea	Diámetro interno (mm)	Diámetro interno (in)	Diámetro interno nominal adaptado (in)	Espesor del aislante (in)
Línea de vapor de agua saturado	182,36	7,18	8	2
Línea de condensado	30,23	1,19	1 1/4	1

8.1.7 Adopción de la Caldera de Vapor (H-01).

A partir de la cantidad de vapor calculada anteriormente, se procede a la adopción de la caldera. El proveedor seleccionado es Calderas Fontanet por una cuestión, no sólo de disponibilidad del equipo adecuado a las

condiciones de proceso, sino también porque el mismo está ubicado en la localidad de Bella Italia, Santa Fe, a 220 km del parque industrial San Lorenzo, lugar de asentamiento de la planta.

El modelo de caldera elegido es el 3 PRV 2000, la cual es homo tubular de tres pasos con Hogar presurizado preparada para quemar combustible gaseoso (gas natural). Su moderno diseño permite una rápida puesta en régimen y la generación de vapor más seco (relación entre volumen y superficie de agua). Cuenta con bocas de acceso, puerta delantera (giratoria) y trasera (desmontable) que dejan accesible todo el interior del equipo facilitando la inspección, limpieza y reparación. Su haz tubular provisto de forma helicoidal permite alcanzar un elevado coeficiente de transmisión térmica. El generador es de tipo monoblock con diseño compacto. Se provee montado sobre su base con todos sus accesorios incorporados, listo para funcionar una vez acoplados los conductos de agua, vapor, combustible y conexión eléctrica (Fontanet, 2023) (7).

Tabla 8.7 Características principales caldera 3 PRV 2000.

Modelo	3 PRV 2000
Superficie de calefacción	89 m2
Capacidad térmica	2.068.200 kcal/h
Producción de vapor (máx)	4630 kg/h
Presión de trabajo (máx)	8 kg/cm2
Consumo aproximado de gas natural	289 Nm³/h
Rendimiento Térmico	85%
Peso aproximado	10 tn
Proveedor	Calderas Fontanet
Precio	124.200 USD

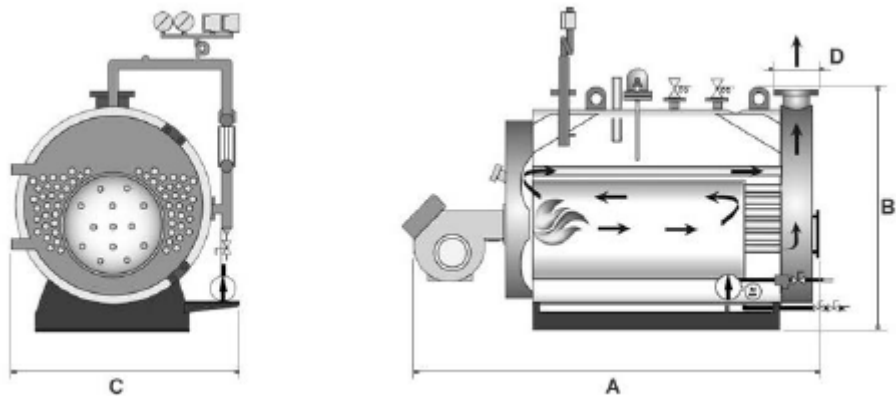


Figura 8.9 Dimensiones caldera 3 PRV 2000.

Tabla 8.8 Dimensiones caldera 3 PRV 2000.

A: Largo	5.570 mm
B: Alto	2.800 mm
C: Ancho	2.960 mm
D: Diámetro de la chimenea	500 mm



Figura 8.10 Caldera 3 PRV 2000.

8.1.7.1 Bombas para sistema de distribución de vapor (B-17 y B-18).

Las bombas para transportar el condensado al tanque de condensados (B-17) y para alimentar la caldera (B-18) son provistas también por Fontanet. Son dos bombas de agua multietapas verticales con las siguientes características:

- Cuerpo construido totalmente en acero inoxidable (eje, impulsores, camisa externa, pernos y cámara intermedia).
- Con cierre mecánico libre de mantenimiento.
- Temperatura máxima de trabajo 120 °C.
- Potencia 1,5 kW
- Con motor trifásico 3 x 380 v - 50 Hz.
- Marca Grundfos
- Precio: Incluido en la cotización de la caldera

8.2 Gas natural.

El parque industrial San Lorenzo cuenta con red de gas natural de media y alta presión (1) por lo que se utilizará gas natural, principalmente, para alimentar a la caldera (H-01) la cual calentará el agua para proveer vapor a los distintos equipos que lo requieran.

En menor medida, se utilizará también este servicio para calefaccionar las distintas áreas de la planta como oficinas, salas de reuniones, y comedor. El poder calorífico (Pc) del gas natural provisto por la empresa Litoral Gas es de 9300 kcal/m³.

La ecuación 8.2 permite calcular el consumo de gas en m³/h

$$C_g = \frac{E}{P_c * n}$$

Ecuación 8.2 Consumo de gas natural.

Siendo:

- C_g: consumo de gas natural (m³/h)
- E: Capacidad térmica (kcal/h)
- P_c: Poder calorífico gas natural (kcal/m³)
- n: Rendimiento energético (85%).

Teniendo en cuenta que la caldera elegida tiene una capacidad térmica de 2.068.200 kcal/h:

$$C_g = 261,63 \text{ m}^3/\text{h} = 6.279,12 \text{ m}^3/\text{día} = 150.699 \text{ m}^3/\text{mes} = 1.808.386,6 \text{ m}^3/\text{año}$$

En cuanto a los calefactores para atemperar distintos sectores de la planta, se hace el cálculo considerando 10 calefactores Marca Eskabe de 5000 kcal/h:
 $C_g = 6,33 \text{ m}^3/\text{h} = 151,8 \text{ m}^3/\text{día} = 3.643,3 \text{ m}^3/\text{mes} = 43.719,2 \text{ m}^3/\text{año}$

Características Calefactor elegido:

- Marca: Eskabe
- Modelo: S21p Marfil Clase A
- Potencia: 5000 kcal/h
- Área de calefacción: 55 m²
- Proveedor: TioMusa

Precio: 110 USD



Figura 8.11 Calefactor Eskabe

Tabla 8.9 Tabla resumen consumo de gas anual.

Equipo	Consumo de gas anual (m ³ /año)
--------	--

Caldera	1.808.386,6
Calefactores	43.719,2
TOTAL	1.852.105,8

8.2.1 Tarifa Gas Natural.

La empresa encargada de proveer este servicio es Litoral Gas (8). Por resolución N° 193 emitida por ENARGAS el 27/04/23 las tarifas de gas natural para el área litoral en pesos argentinos y sin tener en cuenta impuestos, son las siguientes:

Tabla 8.10 Cuadro tarifario con los cargos fijos y por m3 de consumo de gas natural para la provincia de Santa Fe.

TARIFAS FINALES A USUARIOS SGP (P1, P2 y P3 ⁽¹⁾) y SDB ABASTECIDOS CON GAS NATURAL - SIN IMPUESTOS						
CATEGORÍA / SUBZONA		Buenos Aires	Santa Fe			
Cargo Fijo por factura						
P1 y P2		1.333,556429	1.374,406639			
P3		5.230,508866	5.224,746184			
SDB		13.865,225212	13.863,714933			
Cargo por m3 de Consumo						
P1 y P2	0 a 1.000 m3	20,301685	20,201165			
	1.001 a 9.000 m3	20,096322	19,968728			
	más de 9.000 m3	19,832039	19,736265			
P3	0 a 1.000 m3	42,190710	42,037415			
	1.001 a 9.000 m3	41,832627	41,682957			
	más de 9.000 m3	41,474500	41,328447			
SDB ⁽²⁾		4,029531	3,983616			
COMPONENTES DEL CARGO POR m3 DE CONSUMO (en \$/m3)						
SGP y SDB		P1-P2 (Buenos Aires - Santa Fe)		P3 (Buenos Aires - Santa Fe)		SDB (Buenos Aires - Santa Fe)
Precio en el Punto de Ingreso en el Sistema de Transporte		12,925088	12,925088	32,981884	32,981884	
Diferencias diarias acumuladas		-0,106201	-0,106201	-0,106201	-0,106201	
Precio incluido en los Cargos por m3 de consumo		12,818887	12,818887	32,875683	32,875683	
Costo de Gas Retenido (SDB como % del precio a sus usuarios)		0,643108	0,643108	1,641065	1,641065	4,98 %
Costo de Transporte		5,210325	5,210325	5,210325	5,210325	4,98 %
COMPOSICIÓN DEL PIST Y DEL COSTO DE TRANSPORTE		Buenos Aires	Santa Fe			
Participación por Cuena en la Compra de Gas (en %)	Nordeste	53,86 %	53,86 %			
	Neuquén	39,97 %	39,97 %			
	Tierra del Fuego	6,17 %	6,17 %			
Buenos Aires y Santa Fe		Empresa/Ruta	\$/m3	%		
Participación por Ruta en la Compra de Transporte (en %)	TGN-Norte-Litoral	2,886270	46,75 %			
	TGN-Neuquén-Litoral	2,120197	45,86 %			
	TGS-TdF-GBA ⁽³⁾	3,836090	7,39 %			

(*) Mediante la Res. ENARGAS 233/2019 se dispuso la facturación con periodicidad mensual para los usuarios Residenciales, con ciclo de lectura bimestral, razón por la cual los cargos fijos especificados se asignan 50% en cada factura. (1) Usuarios Servicio General P servicio completo según Decreto 730/2022 y modificatorias. (2) No incluye precio de gas ni costo de gas retenido. (3) Incluye la ruta Tierra del Fuego - GBA más 2 1/2 por el tramo GBA - Litoral.

Estas tarifas no incluyen los impuestos provinciales y municipales que, de acuerdo con disposiciones vigentes, deben adicionarse en la facturación.

8.3 Energía eléctrica.

El parque industrial San Lorenzo, lugar donde se emplazará la planta, cuenta con servicio de energía eléctrica de baja y media tensión (13,2 kV) provista por la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (10). Es indispensable el suministro de corriente eléctrica tanto para la iluminación de las instalaciones como para el funcionamiento de la mayoría de los equipos que integran el proceso productivo, de control y algunos electrodomésticos.

La planta contará con conexión tanto a 220 V como a 380 V para aquellas maquinarias que así lo requieran.

8.3.1 Consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la planta.

Acatando la norma IRAM AADL J20-06 (9) la cual especifica los niveles de iluminación en Lux (lumen/m²) que deben tener las áreas de trabajo según la tarea visual que se realiza se decide:

- Para los sectores garita de seguridad, estacionamiento, vestuario de planta y espacio para circulación de camiones se dispondrá de 200 lux de iluminación.
- Para el resto de los sectores, en donde se realizan tareas que requieren un nivel lumínico superior, habrá 500 lux.

Tabla 8.11 Cantidad de lámparas por sector.

Departamento	m ²	Lux(lm/m ²)	Lúmenes necesarios (lm)	Lámpara adoptada (lm/lámpara)	Cantidad de lámparas
Sector Producción	910,00	500,00	455.000,00	20.000,00	23,00
Tanques de agua y equipo de enfriamiento	110,00	500,00	55.000,00	10.500,00	6,00
Depósito de insumos	60,00	500,00	30.000,00	10.500,00	3,00
Depósito de producto terminado	288,00	500,00	144.000,00	10.500,00	14,00
Laboratorio C de C.	40,00	500,00	20.000,00	2.700,00	8,00
Administración	325,00	500,00	162.500,00	2.700,00	61,00
Vestuario Planta	176,00	200,00	35.200,00	2.700,00	14,00
Sala caldera	112,00	500,00	56.000,00	10.500,00	6,00
Taller de mantenimiento	56,00	500,00	28.000,00	10.500,00	3,00
Garita de seguridad	12,00	200,00	2.400,00	2.700,00	1,00
Estacionamiento	800,00	200,00	160.000,00	20.000,00	8,00
Espacio para circulación camiones	1.249,70	200,00	249.940,00	20.000,00	13,00
TOTAL					160

Tabla 8.12 Consumo energético sistema de iluminación.

Cantidad de lámparas	POTENCIA (kWh/lámpara)	kW-día	kW-mes	kW-año
44	0,2	211,2	6.336	76.032
32	0,1	76,8	2.304	27.648
84	0,03	60,48	1.814,4	21.772,8
TOTAL				125.452,8

8.3.1.1 Lámparas adoptadas

- Lámpara led galponera 200 W (L-01)



Cantidad: 30

Proveedor: VIL ELECTRO

Precio: 41,7 U\$D

- Luz para estacionamiento Led 200 W (L-02)



Cantidad: 25

Proveedor: ELECTRICIDAD TOTAL SA.

Precio: U\$D 104,2

- Lámpara galponera led 100W (L-03)



Producción de Glicerina USP

Cantidad 40

Proveedor: DECO.SORIOS

Precio: U\$D 16,83

- Lámpara led 30 W (L-04)



Cantidad: 100

Proveedor: TESLA GROUP

Precio: U\$D 3,33

8.3.2 Sistema de limpieza.

Todos los equipos que tengan contacto con el producto serán sometidos a limpieza profunda, la cual se llevará a cabo por un operario capacitado para tal fin. El procedimiento es el siguiente:

- Primero: Limpieza con agua utilizando hidro lavadora.
- Segundo: Aplicación con pulverizador de detergente especial para industria farmacéutica (Detergente DEGRAL AC-2), el cuál conlleva formación leve de espuma.
- Tercero: Triple enjuagado con agua utilizando hidro lavadora de manera de remover la espuma.



Figura 8.12 Detergente DEGRAL AC-2**Especificaciones:**

Ideal para industria farmacéutica. Es un limpiador líquido biodegradable, de baja espuma, formulado a base de ácido cítrico. Resulta ideal para limpiezas de reactores, tanques y cañerías de acero inoxidable. Elimina con rapidez residuos oleosos, carbonatos y depósitos inorgánicos. Posee además un efecto desinfectante comprobado. Su composición de fácil trazabilidad, libre de agentes contaminantes, asegura la validación de la limpieza lográndose así un mantenimiento más confiable.

Cantidad: 20

Proveedor: Mantenic S.A

Precio unitario: U\$D14,85

8.3.3 Consumo de energía eléctrica de los equipos.

En la siguiente tabla, se establecen los consumos de energía eléctrica de los distintos equipos involucrado en el proceso y del sistema de iluminación de la planta.

Tabla 8.13 Consumos energéticos.

EQUIPO	CÓDIGO	POTENCIA CONSUMIDA POR HORA (kW)	POTENCIA CONSUMIDA POR DIA (kW)	POTENCIA CONSUMIDA POR MES (kW)	POTENCIA CONSUMIDA POR ANUAL (kW)
Tanque agitado de pretratamiento	R-01	0,18	4,32	129,60	1.555,20
Evaporador de película fina	EV-02	2,20	52,80	1.584,00	19.008,00
Bombas	B-01	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-02	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-03	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-04	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-05	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-06	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-07	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-08	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-09	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-10	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-11	0,75	18,00	540,00	6.480,00
	B-12	0,12	2,88	86,40	1.036,80

	B-13	0,38	9,12	273,60	3.283,20
	B-14	0,38	9,12	273,60	3.283,20
	B-15	2,25	54,00	1.620,00	19.440,00
	B-16	2,25	54,00	1.620,00	19.440,00
	B-17	1,50	36,00	1.080,00	12.960,00
	B-18	1,50	36,00	1.080,00	12.960,00
Chiller	CH-01	10,00	240,00	7.200,00	86.400,00
Titulador KF	KF	0,30	3,60	108,00	1.296,00
Mufla	MF	3,00	36,00	1.080,00	12.960,00
Actuadores Válvulas	AV	0,13	12,48	374,40	4.492,80
Hidro lavadora	HL	2,80	5,60	168,00	2.016,00
Aires Acondicionados	AC	1,01	20,16	604,80	7.257,60
Computadoras	PC	0,20	16,00	480,00	5.760,00
Sistema de Iluminación	IL-01	1,00	348,48	10.454,40	125.452,80
TOTAL					409.881,60

8.3.4 Tarifas energía eléctrica.

Según lo establecido en el régimen tarifario de Energía de Santa fe, la empresa entra en el grupo de “Usuarios de Grandes Demandas” ya que el consumo mensual supera los 50 kW. En la tabla 6. se dispone de los valores tarifarios máximos para usuarios de grandes demandas vigentes desde el 01/08/2023. (10)

Tabla 8.14 Cuadro tarifario Energía Eléctrica para Usuarios de grandes demandas.
(Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe) (Tarifa energía eléctrica Santa fe.pdf).

TARIFA 6 - GRANDES DEMANDAS - TARIFA DE PEAJE POR SERVICIO DE DISTRIBUCION								
TARIFA 6 - GRANDES DEMANDAS - TARIFA DE PEAJE POR SERVICIO DE DISTRIBUCION (excepto Cooperativas Eléctricas)		Cargo comercial (\$-mes)	Cargo cap. Pico (\$/kW-mes)	Cargo cap. F. de Pico (\$/kW-mes)	Cargo por pot. adq. (\$/kW-mes)	Cargo energía hs. Pico (\$/kWh)	Cargo energía hs. Resto (\$/kWh)	Cargo energía hs. Valle (\$/kWh)
6 B1	Baja Tensión - Demandas menores a 300 kW	10.471,71	3.451,400	1.538,978	12,167	2,19416	2,18613	2,17822
6 B2	Baja Tensión - Demandas mayores o iguales a 300 kW	10.471,71	3.451,400	1.538,978	12,167	3,13082	3,12988	3,12908
6M11	Media Tensión 13,2 kV - Demandas menores a 300 kW	46.878,96	2.414,533	981,176	6,722	1,23422	1,22970	1,22525
6M12	Media Tensión 13,2 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	46.878,96	2.414,533	981,176	6,722	1,76109	1,76056	1,76011
6M31	Media Tensión 33 kV - Demandas menores a 300 kW	46.878,96	2.366,307	907,052	6,722	1,23422	1,22970	1,22525
6M32	Media Tensión 33 kV o Capacidad Contratada mayor o igual a 1000 kW - Demandas mayores o iguales a 300 kW	46.878,96	2.366,307	907,052	6,722	1,76109	1,76056	1,76011
6AM1	Bornes de ET AT/MT - Demandas menores a 300 kW	46.878,96	1.413,842	775,057	5,216	0,96680	0,96326	0,95978
6AM2	Bornes de ET AT/MT - Demandas mayores o iguales a 300 kW	46.878,96	1.413,842	775,057	5,216	1,37952	1,37910	1,37875
6 A1	Alta Tensión 132 kV - Demandas menores a 300 kW	51.654,95	346,139	230,520	2,553	0,47997	0,47822	0,47649
6 A2	Alta Tensión 132 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	51.654,95	346,139	230,520	2,553	0,68487	0,68466	0,68449
TARIFA 6 - GRANDES DEMANDAS - TARIFA DE PEAJE POR SERVICIO DE DISTRIBUCION - PARQUES INDUSTRIALES		Cargo comercial (\$-mes)	Cargo cap. Pico (\$/kW-mes)	Cargo cap. F. de Pico (\$/kW-mes)	Cargo por pot. adq. (\$/kW-mes)	Cargo energía hs. Pico (\$/kWh)	Cargo energía hs. Resto (\$/kWh)	Cargo energía hs. Valle (\$/kWh)
P6B1	Baja Tensión - Demandas menores a 300 kW	9.215,05	3.037,325	1.354,308	12,167	2,19416	2,18613	2,17822
P6B2	Baja Tensión - Demandas mayores o iguales a 300 kW	9.215,05	3.037,325	1.354,308	12,167	3,13082	3,12988	3,12908
P611	Media Tensión 13,2 kV - Demandas menores a 300 kW	41.255,03	2.124,942	863,308	6,722	1,23422	1,22970	1,22525
P612	Media Tensión 13,2 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	41.255,03	2.124,942	863,308	6,722	1,76109	1,76056	1,76011
P631	Media Tensión 33 kV - Demandas menores a 300 kW	41.255,03	2.082,274	798,293	6,722	1,23422	1,22970	1,22525
P632	Media Tensión 33 kV o Capacidad Contratada mayor o igual a 1000 kW - Demandas mayores o iguales a 300 kW	41.255,03	2.082,274	798,293	6,722	1,76109	1,76056	1,76011
P6E1	Bornes de ET AT/MT - Demandas menores a 300 kW	41.255,03	1.244,129	682,109	5,216	0,96680	0,96326	0,95978
P6E2	Bornes de ET AT/MT - Demandas mayores o iguales a 300 kW	41.255,03	1.244,129	682,109	5,216	1,37952	1,37910	1,37875
P6A1	Alta Tensión 132 kV - Demandas menores a 300 kW	45.456,38	304,622	202,863	2,553	0,47997	0,47822	0,47649
P6A2	Alta Tensión 132 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	45.456,38	304,622	202,863	2,553	0,68487	0,68466	0,68449
HORARIOS: - Tarifas 2, P y 4: (hs. pico) de 18:00 hs. a 23:00 hs.; (hs. resto) de 05:00 hs. a 18:00 hs.; (hs. valle) de 23:00 hs. a 05:00 hs)								
VALOR CUOTA PARTE ALUMBRADO PUBLICO (MENSUAL)		IMPUESTOS: Los porcentajes que se enumeran a continuación se aplicarán sobre el importe básico.						
(Bandas de consumo bimestrales)		- Nacionales: Ley N° 20361 (IVA): Monotributo 27,00%. Cons. Final 21,00%. Resp. Inscripto 27,00%						
kWh/BIM.	\$/MES	- Provinciales: Ley N° 12.862 Energías Renovables 18,75 \$/mes Ley N° 6.804 - FER - Decreto N° 2.258 Fondo de Electrificación Rural 1,50 %						
0 - 120	56,19239	- Municipales: Ley N° 7797 6,00 % (Excepto Ofic., Alum. Públ., Distr. Rurales y Tracción) Ord. 1592/82 y 1618/82 para la Ciudad de Rosario 0,80 % y 1,80 % respect.						
121 - 240	139,29698							
241 - 300	569,11713							
301 - 450	930,06226							
451 - 599	1.394,29853							
600 - 999	1.887,62979							
1000 - 1400	2.335,67364							
1401 - 2800	2.807,68484							
2801 - 5000	5.787,05599							
5001 - o más	8.267,22291							

8.4 Tabla resumen equipos e instalaciones complementarias.

Tabla 8.14 Equipos e instalaciones complementarias.

REFERENCIA	EQUIPO	PRECIO unitario (USD)	CANTIDAD	COSTO TOTAL(USD)
T-04	Tanque pulmón inicial	2.097,0	1	2.097,0
T-05	Tanque pulmón de agua blanda	654,0	1	654,0
A-01	Ablandador de agua	673,0	1	673,0
CH-01	Chiller	8.985,0	1	8.985,0
T-06	Tanque de condensados	5.125,0	1	5.125,0
H-01	Caldera	124.200,0	1	124.200,0
AE-01	Auto elevador	25.000,0	1	25.000,0
B-16	Bomba de 3 hp	302,0	2	604,0
B-13 – B-14	Bomba de 1/2 hp	100,9	2	201,7
L-01	Lámpara led galponera 200 W	41,7	30	1.251,0
L-02	Lámpara led estacionamiento 200 W	104,2	25	2.605,0
L-03	Lámpara led 100 W	16,8	40	673,2
L-04	Lámpara led 30 W	3,3	100	333,0
HL	Hidro lavadora	563,4	1	563,4

PV	Pulverizador	344,9	1	344,9
DET	Detergente DEGRAL AC-2	14,9	20	297,1
TOTAL				173.607,4

8.5 BIBLIOGRAFIA

[1] Parque Industrial San Lorenzo, servicios:

<https://www.pisanlorenzo.com/page/servicios>

[2] Vital Water Argentina, Mercado Libre:

https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-884229159-ablandador-automatico-runxin-2000lh-x-volumen-25l-resina-_JM#position=7&search_layout=stack&type=item&tracking_id=361e0f4e-92bb-468b-b86f-cd8ba6c0b31c

[3] Bomba centrífuga 0,5 hp, Mercado Libre:

https://www.mercadolibre.com.ar/bomba-centrifuga-monofasica-leo-acm37-05hp-color-azul-220v/p/MLA13624394#searchVariation=MLA13624394&position=2&search_layout=stack&type=product&tracking_id=2d8e94fb-eb8c-4249-86ad-7b48ba9a7f20

[4] Bomba centrífuga 3 hp, Mercado Libre:

https://www.mercadolibre.com.ar/bomba-centrifuga-monofasica-leo-acm37-05hp-color-azul-220v/p/MLA13624394#searchVariation=MLA13624394&position=2&search_layout=stack&type=product&tracking_id=2d8e94fb-eb8c-4249-86ad-7b48ba9a7f20

[5] Transport & Storage of Fluids, Perry's Chemical Engineers, 8th Edition, 10th Section.

[6] Ludwig, applied process design for chemical and petrochemical plants volume 2.

[7] Fontantet, 2023: <https://www.calderasfontanet.com/es/calderas-industriales/3prv>

[8] Litoral Gas, factura de servicio: <https://www.litoral-gas.com.ar/site/clientes/hogares/c%C3%B3mo-entender-la-factura-de-servicio/>

[9] Norma IRAM AADL J20-06, Argentina Normas:

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/009_if-2019-42100492-apn-dngafaabe.pdf

[10] Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe, servicios grandes usuarios:

<https://www.epe.santafe.gov.ar/institucional/grandes-usuarios/>



CAPITULO IX

DISTRIBUCION DE PLANTA



9 CAPÍTULO IX: DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

La distribución en planta se puede definir como el ordenamiento físico de los distintos elementos que constituyen una empresa. Pero no solo es la distribución de las máquinas, los lugares de trabajo, etc. Esta distribución comprende también el estudio de los espacios necesarios para los movimientos y para el almacenamiento tanto de materia prima como producto terminado.

El objetivo principal de la distribución de planta, es hallar un orden de las áreas de trabajo y del equipo que sea el más eficiente en costos, y al mismo tiempo que sea el más seguro y satisfactorio para los empleados.

La metodología sistemática ordenada que se usará para lograr acercarse a la mejor distribución de planta será la conocida como Systematic Layout Planning (SLP).

9.1 SECTORES DE LA PLANTA.

La planta contará con zonas cubiertas y zonas no cubiertas:

Zonas cubiertas:

- Garita de seguridad
- Administración
- Vestuario Planta
- Sector producción
- Tanques de agua y equipo de enfriamiento
- Laboratorio de control de calidad
- Depósito de insumos
- Depósito de producto terminado
- Taller de mantenimiento
- Sala de caldera

Zonas no cubiertas

- Estacionamiento
- Espacio para circulación de camiones

Las áreas de cada sector se indican en la siguiente tabla:

Tabla 9.1 Áreas de cada sector

Zonas		Área (m ²)
1	Sector Producción	670
2	Tanques de agua y equipo de enfriamiento	110
3	Depósito de insumos	44
4	Depósito de producto terminado	353
5	Laboratorio C de C.	47
6	Administración	175
7	Vestuario Planta	80
8	Sala caldera	50
9	Taller de mantenimiento	44
10	Garita de seguridad	9
11	Estacionamiento	525
12	Espacio para circulación camiones	1000

9.1.1 SECTOR DE PRODUCCIÓN.

Este sector contará con todos los equipos del proceso exceptuando tanques de agua y equipo de enfriamiento (Chiller). Para determinar el área se tuvo en cuenta largo y ancho de los equipos involucrados y las distancias de seguridad recomendadas obteniendo un área de 670 m².

9.1.2 DEPÓSITO DE INSUMOS.

En este depósito se encontrarán tanques IBC con solución de NaOH, sacos de carbón activado y los elementos de limpieza como bidones de detergente. El stock de estos insumos se encontrará en cantidad necesaria para 1 mes. En base a la medida de los mismos se estimó el área del sector, obteniendo un área de 44 m².

9.1.3 TANQUES DE AGUA Y EQUIPO DE ENFRIAMIENTO.

Este sector contará con los tanques de agua (pulmón y para agua ablandada), ablandador de agua y Chiller. En base a la medida de los mismos se estimó el área del sector, obteniendo un área de 110 m².

9.1.4 DEPÓSITO DE PRODUCTO TERMINADO.

En este depósito se encontrarán un stock de barriles vacíos de 720 unidades correspondientes a 180 pallets (4 barriles por pallet) que se disponen en 6

columnas por 10 filas por 3 pisos, siendo lo que se necesita para 1 semana de producción.

El stock de barriles con producto terminado será de 288 barriles, es decir 72 pallets que se disponen en 4 columnas por 9 filas por dos pisos. Esto corresponde a un stock inmovilizado de 3 días de producción. En base a la medida de los pallets y las medidas de seguridad requeridas, se estimó el área del sector obteniendo un área de 353 m².



Figura 9.1 Depósito de producto terminado.

9.1.5 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.

En este sector se llevarán a cabo los análisis necesarios para asegurar la calidad requerida de materia prima, insumos y producto terminado. Teniendo en cuenta la cantidad de análisis y la medida de los equipos que estarán presentes en el laboratorio, se calculó el área del sector obteniendo un área de 47 m².

9.1.6 ADMINISTRACIÓN.

Este sector contará con una sala de recepción, una sala de reunión, oficinas, cocina, sanitarios y una sala para depósito de archivos. Para el cálculo del área del sector se tuvo en cuenta que cada sala midiera promedio 5 metros por 5 metros, obteniendo un área de 175 m².

9.1.7 VESTUARIO PLANTA.

Este sector contará con camarines y baños para cada sexo y los mismos dispondrán de duchas, lockers, perchas y bancos para cambiarse. Además, habrá una sala de sanitización previo ingreso y egreso al área de producción, la cual contará con banco de transferencia y sanitizantes. Se determinó el área del sector según cantidad de personas (10 personas por sexo) que utilizarán el vestuario, respetando los códigos de edificación para sanitarios vigentes obteniendo un área de 80 m².

9.1.8 SALA DE CALDERA.

En este sector se encontrará la caldera de la planta, la cual proveerá de vapor saturado a los equipos que lo requieran. Por fuera de esta sala, se encontrará el tanque de condensados, el cual por razones de seguridad no debe encontrarse en el mismo recinto que la caldera. Teniendo en cuenta la medida de los equipos y los factores de seguridad para este tipo de instalación se determinó el área del sector, obteniendo un área de 50 m².

9.1.9 TALLER DE MANTENIMIENTO.

En este sector se encontrarán herramientas, repuestos y todo lo que respecta a manutención de equipos e instalaciones de la planta. Además, aquí se estacionará el auto elevador de la empresa. Teniendo en cuenta la medida del mismo se determinó el área del sector, obteniendo un área de 44 m².

9.1.10 GARITA DE SEGURIDAD.

En esta garita se establecerá el personal de vigilancia de la planta durante las 24 hs del día (servicio tercerizado) con el fin de controlar ingresos y egresos de personal de la planta, aquí los empleados deberán registrar sus entradas y salidas. El guardia de seguridad también debe controlar y dar aviso de llegada y partida de proveedores. La garita contará con un baño para que el guardia no abandone nunca su puesto de trabajo. Teniendo en cuenta la medida del mismo y los elementos existentes en el recinto se determinó el área del sector, obteniendo un área de 9 m².

9.1.11 ESTACIONAMIENTO.

El estacionamiento tiene capacidad para 25 vehículos, teniendo en cuenta la mayor cantidad de personas que pueden estar presentes en un mismo turno. Teniendo en cuenta las medidas estándar de un vehículo y los movimientos del mismo se calculó el área del sector, obteniendo un área de 525 m².

9.1.12 ESPACIO PARA CIRCULACIÓN DE CAMIONES.

Las calles internas de la planta habilitadas para la circulación de camiones se calcularon según las medidas del camión más grande que circulará por las mismas que es un camión semi. También se tuvieron en cuenta para el cálculo del área los movimientos de giro de los camiones y el espacio ocupado por un contenedor de residuos asimilables a domiciliarios generados en la planta, obteniendo un área de 1000 m².

9.2 MÉTODO SLP.

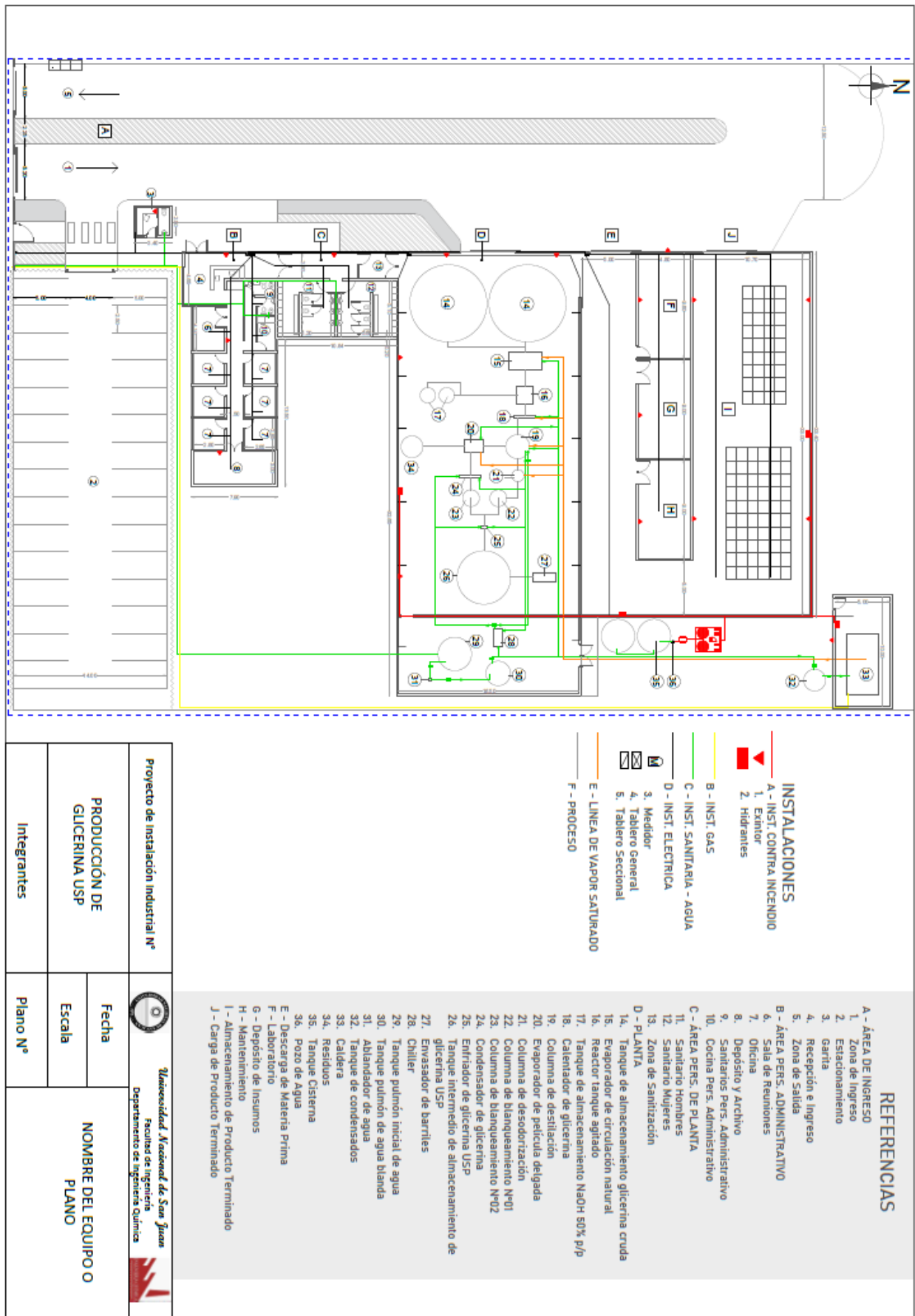
El método SLP (Systematic Layout Planing) es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución de una planta y está constituida por varias fases, que incluyen una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas en la planeación (1).

Se utilizó este método para determinar la ubicación de cada sector dentro de la planta industrial, obteniendo un diseño con un porcentaje de aciertos igual al 90%.

Departamento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Sector Producción	A											
2	Tanques de agua y equipo de enfriamiento	U	A										
3	Depósito de insumos	U	U	E									
4	Depósito de producto terminado	X	U	U	U								
5	Laboratorio C de C.	E	U	U	U	X							
6	Administración	U	U	U	U	X	X						
7	Vestuario Planta	X	X	U	U	U	U	U					
8	Sala caldera	U	U	U	U	U	U	U	E				
9	Taller de mantenimiento	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
10	Garita de seguridad	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
11	Estacionamiento	A	A	U									
12	Espacio para circulación camiones	U											

Figura 9.2 Matriz diagonal del método SLP.

9.3 PLANO GENERAL DE LA PLANTA.



9.4 BIBLIOGRAFÍA.

[1] Apuntes de la asignatura "Proyecto de instalación industrial".





CAPITULO X

ORGANIZACION

10 CAPÍTULO X: ORGANIZACIÓN.

En el presente capítulo se da a conocer el tipo de asociación y como estará organizada la planta de glicerina USP, qué departamentos la conforman y los correspondientes cargos de cada trabajador. Además de la cantidad de personas en los distintos puestos y los horarios que deberán cumplir.

10.1 Tipo de empresa.

La ley de Sociedades Comerciales 19550 presenta una variedad de tipos de sociedades, de las cuales la elegida para el proyecto en desarrollo es la de Sociedad Anónima (SA). En la misma, el capital se representa por acciones y los socios limitan su responsabilidad a la integración de las acciones suscritas, por lo que este tipo de sociedad presenta seguridad financiera. Las S.A. pueden estar constituidas por 2 o más socios, sin límite máximo (1).

Otras ventajas que presenta son:

- Responsabilidad frente a los acreedores limitada, lo que pone a salvo el patrimonio personal en caso de quiebra.
- Transmisión libre de las acciones, facilitando la incorporación de un amplio número de inversores.
- Da una imagen de ser un negocio serio y solvente, lo que facilita la entrada de nuevo capital

10.2 Organigrama funcional de la empresa.

La departamentalización consiste en una estructura dividida según el criterio funcional, un administrador principal dirige todo el conjunto y, en orden descendente, cada integrante del primer escalón jerárquico es responsable de una función específica. El criterio funcional también se utiliza de manera sucesiva dentro de los departamentos. En esa división, el trabajo se organiza de acuerdo con las operaciones principales de los departamentos de primer nivel.

En la figura 10.1 se presenta el organigrama de la empresa, en la cual se puede observar con qué departamentos está compuesta y los niveles de jerarquía correspondientes.

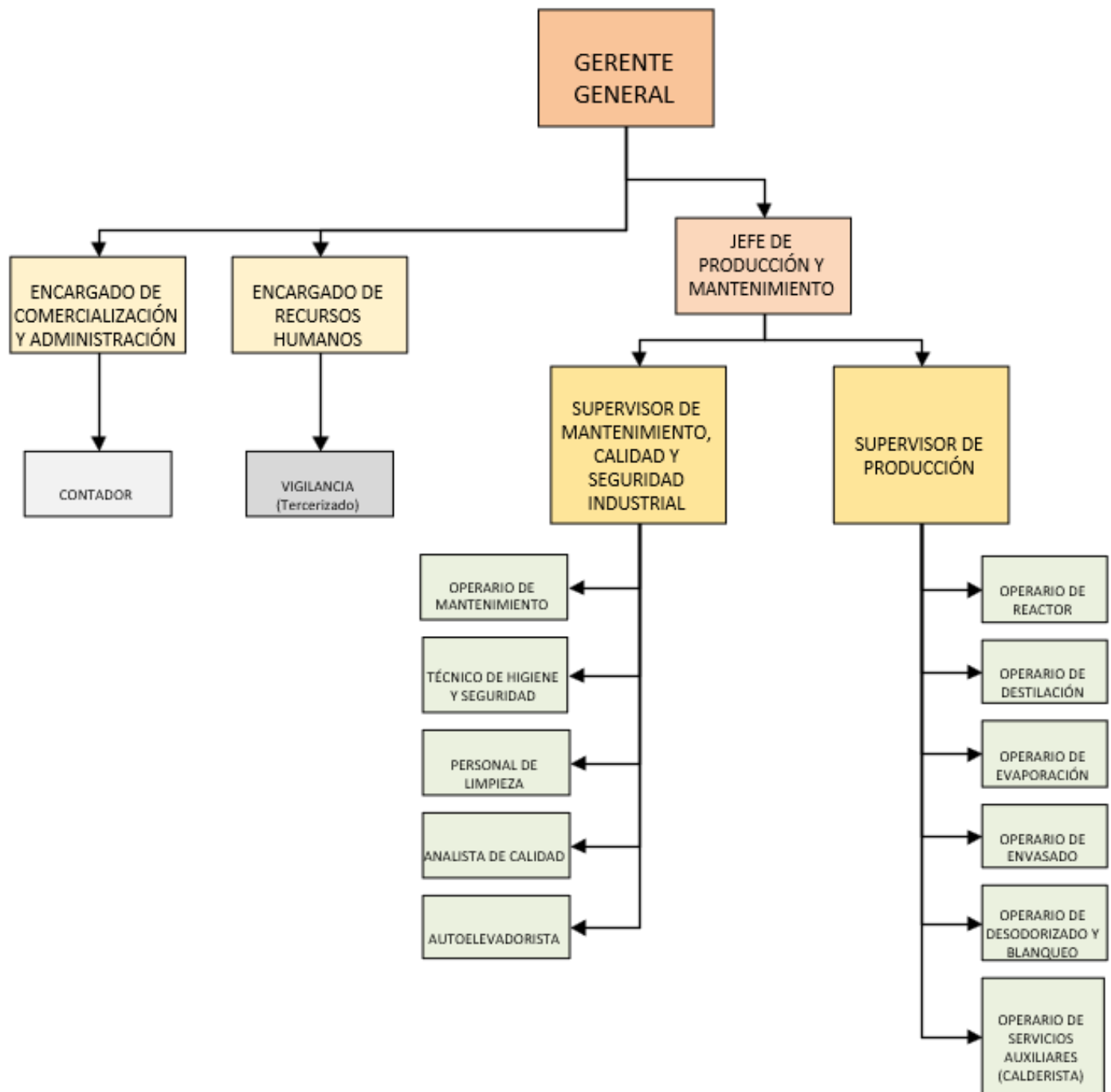


Figura 10.1 Organigrama de la empresa.

10.3 Descripción de puestos de trabajos.

10.3.1 Gerente general.

Las funciones de este puesto son planificar, organizar, dirigir, controlar, coordinar, analizar, calcular y conducir el trabajo de la empresa, además de contratar al personal adecuado.

Las actividades regulares del gerente general son:

- Planificar los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo.
- Organizar la estructura de la empresa actual y a futuro; como también de las funciones y los cargos.
- Dirigir la empresa, tomar decisiones, supervisar y ser un líder dentro de ésta.
- Controlar las actividades planificadas comparándolas con lo realizado y detectar las desviaciones o diferencias.
- Coordinar con el ejecutivo de venta y la secretaria las reuniones, aumentar el número y calidad de clientes, hacer las compras de materiales, resolver sobre las reparaciones o desperfectos en la empresa.
- Decidir respecto de contratar, seleccionar, capacitar y ubicar el personal adecuado para cada cargo.
- Analizar los problemas de la empresa en el aspecto financiero, administrativo, personal, contable entre otros.
- Realizar cálculos matemáticos, algebraicos y financieros.
- Deducir o concluir los análisis efectuados anteriormente.

10.3.2 Jefe de producción y mantenimiento.

El jefe de producción y mantenimiento es el responsable del departamento de producción, por lo tanto, de que los productos se entreguen dentro del plazo establecido. Se encarga de elaborar las estrategias de producción, tomar decisiones y de planificar los procesos.

Las responsabilidades del jefe de producción y mantenimiento son las siguientes:

- Responsabilidad sobre la correcta realización de las funciones del área productiva de la empresa y sobre el cumplimiento de los objetivos y políticas establecidas por el gerente.
- Rentabilizar y planificar los recursos productivos de la empresa para obtener un aumento de la productividad a la vez que se respetan los estándares de calidad.
- Organizar y hacer seguimiento de la ejecución de todos los trabajos dentro del ciclo de producción garantizando que cumplan con las especificaciones establecidas en el sistema de calidad.

- La administración de la producción a través de evaluaciones del proyecto productivo, planificación de la producción, implementación y manejo de recursos; y control de la producción.
- El diseño y control de la calidad de los procesos mediante determinación de estándares de calidad, su medición y la corrección de desviaciones.

10.3.3 Supervisor de mantenimiento, calidad y seguridad industrial.

Las responsabilidades a cargo del supervisor de mantenimiento, calidad y seguridad industrial serán:

- Planificación del cronograma de mantenimiento conforme a los planes de producción de la empresa y la necesidad de mantenimiento de los equipos e instalaciones.
- Garantizar condiciones de trabajo seguras para los operarios y técnicos.
- Asegurar el buen estado de los activos de la organización, sean equipos, maquinaria o instalaciones. Por eso, es responsabilidad del jefe diseñar el plan de mantenimiento de la empresa, definir la periodicidad de tareas de inspección, limpieza, lubricación, etc.
- Administrar el consumo de recursos de mantenimiento, respetando el presupuesto anual y gestionar stock de repuestos.
- Contratar y capacitar al personal (técnicos, operarios, etc.).
- Asegurar que los operarios de limpieza cumplan con sus tareas de manera ordenada y eficiente.
- Revisar solicitudes de reparación y emitir órdenes de trabajo.
- Asegurar el cumplimiento de todas las normas de higiene y seguridad en el trabajo.
- Planificar y establecer los procedimientos, estándares y especificaciones de calidad de la empresa.
- Revisar los requisitos del cliente y asegurarse de que se cumplan.
- Definir procedimientos de calidad en conjunto con el personal operativo.
- Establecer y mantener siempre vigente la documentación que avale los estándares de calidad de la empresa.
- Monitorear el desempeño mediante la recopilación de datos relevantes y la producción de informes estadísticos.

- Monitorear el correcto desempeño de los analistas de calidad
- En conjunto con el sector de producción, implementar la mejora continua en materia de calidad en el proceso productivo.

10.3.4 Supervisor de producción.

Las responsabilidades a cargo del supervisor de producción:

- Establecer objetivos de producción y comunicarlos a los empleados.
- Asegurar el cumplimiento del plan de producción.
- Organizar el flujo de trabajo mediante la asignación de responsabilidades y la preparación de programas.
- Supervisar y formar a los empleados.
- Garantizar el uso seguro de los equipos y programar tareas de mantenimiento periódicas en conjunto con el supervisor de mantenimiento.
- Comprobar la producción según las especificaciones.
- Enviar informes sobre el rendimiento y el progreso.
- Identificar problemas en la eficiencia y sugerir mejoras.

10.3.5 Operario de producción.

Los operarios de producción son las personas que realizan el trabajo directo en la fábrica de transformación de la materia prima en producto, siguiendo los requisitos de calidad. Para realizar su trabajo correctamente se apoyan en los documentos de producción como pueden ser planos o especificaciones técnicas.

Según el sector de producción correspondiente, cada operario desarrollará su tarea específica.

- Operario de reactor: encargado de controlar cumplimiento de los parámetros (Presión, temperatura, caudal, tiempo de residencia) del reactor (R-01).
- Operario de destilación: control de la presión requerida en el equipo, de los caudales y de la temperatura en las distintas corrientes involucradas en la columna de destilación (C-01), desodorizado (CD-01) y evaporador de película fina (EV-02).

- Operario de evaporación: control de caudal, presión y temperatura de las corrientes involucradas en los evaporadores EV-01 y EV-02. También se encargará de la correcta remoción de la torta de residuo producida por el EV-02.
- Operario de envasado: se encarga del correcto funcionamiento de la envasadora E-01, del correcto llenado y cierre de los barriles y su posterior ubicación. También estará a cargo del sector de tanques de agua y ablandador de agua (A-01).
- Operario de desodorizado y blanqueo: control de caudal, presión y temperatura de las corrientes involucradas en los equipos CD-01, CB-01 y CB-02.
- Operario de servicios auxiliares (calderista): Controlará todo el funcionamiento de la caldera (H-01), parámetros (T, presión, caudales de vapor y de condensado), sistema de generación de vapor, correcto nivel de llenado del tanque de condensados (T-06).

10.3.6 Analista de calidad.

En cuanto al analista de calidad, sus tareas serán:

- Tomar las muestras de materias primas y de producto en todas las fases de la cadena productiva.
- Analizar las muestras obtenidas, realizar ensayos físicos y fisicoquímicos requeridos por la especificación.
- Elaborar informes técnicos sobre los ensayos y los análisis llevados a cabo, los cuáles se presentarán ante la jefatura de calidad.

10.3.7 Operario de mantenimiento.

Sus funciones serán:

- Reparar piezas dañadas de las máquinas y reemplazarlas en caso de ser necesario.
- Estudiar las instrucciones de los equipos e instalaciones.
- Detectar errores en la instalación y funcionamiento de las máquinas.
- Realizar el mantenimiento pertinente a los equipos e instalaciones (lubricación, por ejemplo) para su óptimo funcionamiento.
- Verificar que las instalaciones eléctricas del edificio estén en buenas condiciones, realizar inspecciones periódicamente por todo el edificio.

10.3.8 Técnico de higiene y seguridad.

Será encargado de:

- Promover la prevención de accidentes y enfermedades profesionales.
- Promover métodos más seguros e higiénicos de trabajo.
- Supervisar el cumplimiento de normas de higiene y seguridad en el trabajo.
- Asistir y asesorar al responsable del servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- Administrar la política de la empresa en lo referente a seguridad, higiene en el trabajo.
- Supervisar el cumplimiento de las medidas de control.
- Elaborar e interpretar documentación técnica correspondiente a sus funciones.
- Preparar informes y mantener estadísticas (2).

10.3.9 Auto elevadoristas.

Estos operarios deberán estar certificados como auto elevadoristas y serán responsables de:

- Carga y descarga tanto de materias primas, insumos como de producto terminado, asegurando la correcta manipulación y traslado de las mismas.
- Usar de manera correcta y eficiente el auto elevador de la empresa, velar por el buen funcionamiento del mismo y solicitar a personal de mantenimiento las verificaciones y cuidados que necesite.
- Mantener los depósitos tanto de materia prima (tanques), depósito de insumos y producto terminado ordenados, respetando todas las indicaciones del técnico de higiene y seguridad de la planta.

10.3.10 Personal de limpieza.

Será encargado de:

- La limpieza de baños, sector administrativo, laboratorio y sector de producción, pasillos de la planta.
- Mantener el stock de productos y artículos de limpieza.
- Cuidar los utensilios de limpieza.
- Se encargarán de ayudar a los operarios de los distintos equipos en sus respectivas limpiezas semanales.

10.3.11 Encargado de recursos humanos.

Las tareas del encargado de R.R.H.H serán:

- Reclutamiento, selección de personal y contratación, llevando adelante todo el proceso desde detectar las necesidades de personal de la empresa hasta la selección de los candidatos adecuados para los puestos vacantes.
- Administración de personal, manutención de los registros, documentos, informes, datos historiales, entre otros, de todos los empleados
- Gestionar el desempeño de los empleados y desarrollar planes de mejoras
- Llevar adelante todo el proceso que va desde la detección de necesidades de capacitación, pasando por el diseño hasta la implementación de cursos y programas dirigida al aprendizaje y mejora de las competencias de los empleados.
- Llevar adelante la administración de los salarios, beneficios y compensaciones de los trabajadores
- Intervenir antes posibles conflictos, realizar prevención de los mismos y realizar acciones tendientes a la resolución de los conflictos.
- Asegurar que la entidad cumpla con todas las leyes y normativas actuales relacionadas con el ámbito laboral, que abarcan aspectos como la igualdad de chances y el bienestar laboral, entre diferentes aspectos adicionales. (3)

El servicio de seguridad 24hs, a cargo de recursos humanos, estará tercerizado con la empresa Alfa Team S.R.L. Los mismos deberán proveer 4 guardias de seguridad, 1 por turno para llevar a cabo el control de ingreso y egreso del personal y terceros, y además 1 para vigilar las instalaciones de la planta en el turno noche.

10.3.12 Encargado de comercialización y administración.

El encargado de comercialización y administración se encargará de:

- Evaluar las ventas de la empresa, seguir las tendencias del mercado, analizar e implementar mejoras para lograr un mayor caudal de ventas.
- Lograr una comunicación fructífera con los clientes y potenciales clientes, destacar las ventajas del producto en venta.

- Administrar de un modo correcto los recursos financieros y humanos de la compañía.
- Garantizar que las actuaciones logísticas sean las más adecuadas. También es su deber realizar labores correctivas para que la cadena de suministro funcione de la mejor manera posible.
- Optimizar los procesos logísticos, en especial los relacionados con el transporte, con la finalidad de reducir los tiempos de movilización y los costos logísticos.
- Captar nuevos clientes, elaborar reportes de seguimiento de los mismos y definir la competencia.

El encargado contará con un contador que llevará a cabo las siguientes tareas:

- Asignar los recursos a los diferentes departamentos de una empresa, gestionar y liquidar impuestos, recibir y emitir las facturas, gestionar los pagos y cobros en general, entre otros.
- Prepara y presenta los estados financieros periódicos, como el balance general, estado de resultados y flujo de efectivo, proporcionando información clara y precisa sobre la situación financiera de la fábrica.
- Realiza análisis financiero de los resultados y la situación económica de la fábrica, identificando áreas de mejora, tendencias y oportunidades para optimizar la rentabilidad y eficiencia financiera.

10.4 Turnos de trabajo y escala salarial.

La planta trabajará las 24 horas del día ya que la producción es continua, por lo tanto, los grupos de empleados cubrirán sus turnos con horarios rotativos (HR).

Los tres turnos serán de la siguiente forma: Turno 1, mañana (06:00-14:00h). Turno 2, tarde (14:00-22:00 h). Turno 3, noche (22:00-06:00h). La producción comienza Domingo 22:00hs y finaliza sábado 22:00hs.

Cada turno está formado por supervisores, analista de laboratorio, operarios de producción y de mantenimiento, personal de limpieza, auto elevadorista.

En cuanto al gerente, jefe de producción, puestos administrativos (RRHH y contabilidad), técnico de higiene y seguridad y gerente, se manejan con un horario intermedio (HI) el cual es de 08:00 a 17:30 h.

En la tabla 10.1 se muestran los horarios que se deben cumplir en cada puesto y la cantidad de empleados.

Tabla 10.1 Turnos de trabajo.

Área	Puesto	Cantidad de empleados	Turno de trabajo
Gerencia general	Gerente general	1	HI
Producción y Mantenimiento	Jefe de producción y mantenimiento	1	HI
	Supervisor de producción	3	HR
	Supervisor de mantenimiento, calidad y seguridad industrial	3	
	Operario de producción	18	
	Auto elevadorista	3	
	Operario de mantenimiento	3	
	Analista de calidad	3	
	Personal de limpieza	4	
	Técnico de Higiene y seguridad	1	HI
RRHH	Encargado de RRHH	1	HI
	Guardias de seguridad	4	HR
Comercialización y administración	Encargado de comercialización y administración	1	HI
	Contador	1	HI

La compañía cuenta con un total de 43 empleados.

Los salarios del gerente, jefe, supervisor, encargado, técnico de Higiene y seguridad y personal de limpieza estarán fuera de convenio.

Los salarios pertenecientes a los operarios y analistas de calidad se regirán según el gremio F.T.C.I.O (Federación de Trabajadores del Complejo Industrial

Oleaginoso) el cual se actualizó en noviembre del 2023 según la negociación paritaria salarial de los Convenios Colectivos de Trabajo 387/04 y 388/04. (4)

Tabla 10.2 Escala salarial.

Puesto	Cantidad	Gremio	Remuneración (USD)	TOTAL (USD)
Gerente general	1,00	Fuera de convenio	2.258,06	2.258,06
Jefe	1,00	Fuera de convenio	1.612,90	1.612,90
Supervisor	6,00	Fuera de convenio	1.075,27	6.451,61
Encargado	2,00	Fuera de convenio	806,45	1.612,90
Operarios	24,00	F.T.C.I.O	455,97	10.943,30
Analista de Calidad	3,00	F.T.C.I.O	455,97	1.367,91
Técnico de Higiene y seguridad	1,00	Fuera de convenio	521,51	521,51
Contador	1,00	Fuera de convenio	537,63	537,63
Guardias de seguridad	NA	NA	NA	1.400,00
Personal de limpieza	4,00	Fuera de convenio	376,34	1.505,38
TOTAL (USD)				28.211,22

10.5 Bibliografía

[1] Ley 19550, Argentina Normativa:

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-19550-25553>

[2] Técnico superior en higiene y seguridad en el trabajo, Tareas:

<https://pepm-sal.infed.edu.ar/sitio/tecnico-superior-en-higiene-y-seguridad-en-el-trabajo/>

[3] Encargado de RRHH, Tareas:

[https://www.capacitarte.org/blog/nota/organizacion-funciones-responsabilidades-recursos-](https://www.capacitarte.org/blog/nota/organizacion-funciones-responsabilidades-recursos-humanos?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwa3L5RFhOtKfcmiULwIBMft4HtBEx2AaTzPopuU27P5HZRuLqisukq91SHvBoCY88QAvD_BwE)

[humanos?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwa3L5RFhOtKfcmiULwIBMft4HtBEx2AaTzPopuU27P5HZRuLqisukq91SHvBoCY88QAvD_BwE](https://www.capacitarte.org/blog/nota/organizacion-funciones-responsabilidades-recursos-humanos?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwa3L5RFhOtKfcmiULwIBMft4HtBEx2AaTzPopuU27P5HZRuLqisukq91SHvBoCY88QAvD_BwE)

[4] Convenio de trabajadores de la industria oleaginosa, Revisión Salarial
Noviembre 2023: <https://federacionaceitera.com.ar/2023/10/12/acuerdo-en-la-revision-salarial-desmotadora-2/>





CAPITULO XI

ESTUDIO ECONÓMICO

11 CAPÍTULO XI: ESTUDIO ECONÓMICO

11.1 Activos fijos

Los activos fijos de una empresa comprenden todas las inversiones necesarias previas a la puesta en marcha del proyecto, las cuales incluyen la inversión en el terreno, obras civiles, máquinas y equipos, instalaciones complementarias y mobiliario.

Los cálculos correspondientes a los costos indicados en esta unidad se encuentran detallados en el Excel “Cuadro de Origen y aplicación de Fondo”.
(1)

11.1.1 Costo del terreno

El predio donde se emplazará la planta de purificación de glicerina, tiene alrededor de 5.000 m², el mismo se encuentra ubicado en el Parque Industrial San Lorenzo. Al encontrarse dentro del predio que corresponde al parque industrial, el mismo no necesita de mejoras previas tales como compactación, nivelación o cercado.

Tabla 11.1: Costo del terreno

PREDIO	Sup. (m2)	Valor unit. U\$S	Valor total U\$S
Lote en Parque industrial San Lorenzo	5.000	\$ 60.00	\$ 300.000,00
Total		U\$S	\$ 300.000,00

11.1.2 Costo de Obras Civiles

Incluye los costos de obras de la administración central, el sector productivo y los costos de instalación de equipos y cañerías.

Para la estimación de costos se utilizó el índice C.I.R.C.O.T., actualizado al mes de diciembre de 2023.

11.1.2.1 Administración central

A partir del área de cada uno de los sectores que involucran la administración central y el costo de construcción extraído del índice C.I.R.C.O.T

correspondiente al modelo I, se obtiene el valor de inversión necesario, el mismo es de U\$D 222.953,38

Tabla 11.2: Costo de construcción Administración Central

Sector	Tipo de Obra	Sup.(m2)	U\$S/m ²	metros	U\$S/m	Total U\$S
Ingreso a Planta	Garita de vigilancia	9,00	546.87			6,562.44
	Estacionamiento	525,00	120.24			61,561.90
Administrativo	Recepción	25,00	546.87			13,671.75
	Oficina Gerente	8,12	546.87			4,441.95
	Oficina Administración	8,12	546.87			4,441.95
	Oficina Jefe	8,12	546.87			4,441.95
	Oficina RRHH	8,12	546.87			4,441.95
	Oficina Supervisor	8,12	546.87			
	Oficina Comercialización y logística	8,12	546.87			4,441.95
	Sala de reunión	11,48	546.87			6,278.07
	Baño hombre	15,00	546.87			8,203.05
	Baño mujeres	15,00	546.87			8,203.05
	Cocina	17,00	546.87			9,296.79
	Depósito y archivo	24,00	546.87			13,124.88
	Pasillos	26,00	546.87			14,218.62
Vestuarios	Vestuarios hombre con baño	27,80	546.87			15,200.25
	Vestuarios mujer con baño	27,80	546.87			10,554.59
	Pasillos	50,00	546.87			27,343.50
Predio	Alambrado del predio			606.80	10.75	6,524.73
				Total	U\$S	227.521,53

11.1.2.2 Sector Productivo

A partir del área de cada uno de los sectores que involucran el área productiva y el costo de construcción extraído del índice C.I.R.C.O.T correspondiente al Modelo III, se obtiene el valor de inversión necesario, el mismo es de U\$D 314.24,07

Tabla 11.3: Costo de construcción del Sector Productivo

Sector	Tipo de Obra	Sup.(m ²)	U\$\$/m ²	metros	U\$\$/m	total U\$
Proceso	Galpón de producción	670,00	189.01			171,999.10
	Galpón de producto terminado	353,00	189.01			54,434.88
	Laboratorio Control de Calidad	47,00	546.87			25,199.77
	Galpón depósito de insumos	44,00	189.01			8,165.23
	Base columna de destilación	7,54	39.60			298.56
	Circulación de camiones			100.00	\$ 43.01	4,301.08
Servicios Auxiliares	Galpón Tanques de agua y equipo de enfriamiento	110,00	189.01			20,791.10
	Taller de mantenimiento	44,00	189.01			8,165.23
	Sala de caldera	50,00	189.01			21,169.12
Total					U\$	270.534,23

11.1.3 Máquinas y equipos

Se incluyen las inversiones correspondientes a toda la maquinaria y equipos de planta, equipos de servicios auxiliares, los elementos que conforman los sistemas de control y los equipos de laboratorio, así como también se incluyen los costos asociados a la instalación de dichos equipos y a la instalación de tuberías del proceso y de instrumentos.

11.1.3.1 Equipos de planta

Se detallan los costos de cada uno de los equipos que forman parte del proceso de producción. El valor total de la inversión corresponde a U\$D 289.316,00

Tabla 11.4: Costo de equipos productivos

N°	Sector	Denominación	Cant.	Capacidad Productiva	Costo U\$	
					Unitario	Total
1	Producción	Tanque de almacenamiento Glicerina Cruda	1	75 m3	23,000	23,000
2	Producción	Evaporador al vacío	1	0,3 m3/h	19,000	19,000
3	Producción	Reactor Tanque agitado	1	2,7 m3	41,382	41,382

4	Producción	Tanque de almacenamiento NaOH 50% p/p	1	3 m3	1,150	1,150
5	Producción	Calentador de Glicerina	1	1072 kg/h	8,000	8,000
6	Producción	Columna de Destilación	1	873 kg/h	65,000	65,000
7	Producción	Evaporador de película delgada	1	0,2 m3/h	27,000	27,000
8	Producción	Columna de desodorización	1	860 kg/h	31,000	31,000
9	Producción	Condensador de Glicerina	1	116 kg/h	8,000	8,000
10	Producción	Columna de blanqueamiento N°1	1	2 kg carbon / Tn de glicerina	11,500	11,500
11	Producción	Columna de blanqueamiento N°2	1	2 kg carbon / Tn de glicerina	11,500	11,500
12	Producción	Enfriador de Glicerina USP	1	975 kg/h	8,000	8,000
13	Producción	Tanque intermedio de almacenamiento de Glicerina USP	1	30 m3	11,000	11,000
14	Producción	Envasadora	1	20 tambores/h ora	23,784	23,784
Sub total						289.316

11.1.3.2 Equipos auxiliares

Se detallan los costos de todos los equipos involucrados en los servicios auxiliares de planta, los cuales se encuentran detallados en el capítulo 8. El valor total de la inversión es de U\$D 147.763.

Tabla 11.5: Costo de equipos auxiliares

N°	Sector	Denominación	Cant.	Capacidad Productiva	Costo U\$S	
					Unitario	Total
16	Tanques de agua y equipo de enfriamiento	Ablandador de agua	1	0,2 m3/h	673	673
17	Tanques de agua y equipo de enfriamiento	Tanque pulmón de agua blanda	1	5,5 m3	654	654
18	Tanques de agua y equipo de enfriamiento	Chiller	1	350 L/min	1,374	1,374

19	Sala de caldera	Tanque de condensados	1	6 m3	8,985	8,985
20	Sala de caldera	Caldera	1	3800 kg/h	124,200	124,200
21	Auxiliar	Bombas de 1 hp	11	5 m3/h	800	8,800
22	Auxiliar	Bomba dosificadora de solución NaOH	1	15 L/h	175	175
23	Auxiliar	Bomba de 3 hp	2	917 L/min	302	604
24	Auxiliar	Bomba de 1/2 hp	2	90 L/min	101	202
Subtotal						147.763

11.1.3.3 Elementos de control

Se detallan los costos de todos los elementos involucrados en los sistemas de control que involucran a todos los equipos de planta, los cuales se encuentran detallados en el capítulo 6. El valor total de la inversión es de U\$D 58.074.

Tabla 11.6: Costo de elementos del sistema de control

N°	Sector	Denominación	Cant.	Capacidad Productiva	Costo U\$S	
					Unitario	Total
25	Sistema de Control	Sensor de nivel para tanque de agua	3	-----	15	45
26	Sistema de Control	Sensor de nivel para tanque de glicerol y NaOH 50%	2	-----	37	74
27	Sistema de Control	Manometro de baja Presion	1	-----	108	108
28	Sistema de Control	Manometro de Acero Inoxidable	1	-----	76	76
29	Sistema de Control	Sensor de Temperatura	17	-----	101	1,717
36	Sistema de Control	Caudalimetro Másico Coriolis y Convertidor de señal	2	-----	17,976	35,952
37	Sistema de control	Accionador y Posicionador Electricos	1	-----	1,822	1,822
38	Sistema de Control	Valvula de asiento inclinado	1	-----	6,336	6,336
39	Sistema de Control	Valvula de diafragma	1	-----	8,131	8,131
40	Sistema de Control	Valvula reguladora tipo globo	2	-----	202	405

41	Sistema de Control	Accionador y Posicionador Electricos	2	-----	1,704	3,408
Subtotal						58.074

11.1.3.4 Instrumental de laboratorio

Se detallan los costos de todo el instrumental de laboratorio utilizados en los sistemas de control de calidad, los mismos se encuentran detallados en el capítulo 6. El valor total de la inversión es de U\$D 40.676.

Tabla 11.7: Costo de Instrumental de laboratorio

N°	Sector	Denominación	Cant.	Capacidad Productiva	Costo U\$S	
					Unitario	Total
30	Laboratorio Control de Calidad	Medidor de concentración acido/base	1	-----	850	850
31	Laboratorio Control de Calidad	Medidor de pH	1	-----	117	117
32	Laboratorio Control de Calidad	Viscosímetro de baja viscosidad	1	-----	3,883	3,883
33	Laboratorio Control de Calidad	Densímetro portátil	1	----- -	6,520	6,520
34	Laboratorio Control de Calidad	Horno Mufla	1	----- -	2,111	2,111
35	Laboratorio Control de Calidad	Titulador Karl-Fischer	1	-----	27,195	27,195
Subtotal						40.676

11.1.4 Muebles y útiles

A continuación, se detalla el costo del mobiliario y de útiles utilizados en los diversos sectores de la planta. El coste total es de U\$D18.650,30

Tabla 11.8: Costo de mobiliario y útiles.

N°	Ítem	cantidad	precio unitario U\$S	Total U\$S
1	Computadoras	10	470.0	4,700.00
2	Aire acondicionado	10	650.0	6,500.00
3	Heladera	1	610.0	610.00
4	Sillas	20	70.0	1,400.00

5	Escritorios	7	240.0	1,680.00
6	Impresoras	6	140.2	841.20
7	Pava eléctrica	1	18.1	18.10
8	Microondas	1	19.4	19.40
9	Teléfonos fijos	8	15.2	121.60
10	Mesas	4	250.0	1,000.00
11	Armarios	8	220.0	1,760.00
	Total \$		U\$S	18,650.30

11.1.5 Higiene y Seguridad – Limpieza de equipos.

En la siguiente tabla, se observan los costos de inversión de los elementos de protección personal y demás elementos del Departamento de Higiene y Seguridad así como también los elementos utilizados en la limpieza de los equipos que intervienen en el proceso productivo, los cuales fueron detallados previamente en el Capítulo 7. El valor total de esta inversión corresponde a U\$D 50.334,30

Tabla 11.9: Costo de elementos de Higiene y Seguridad y Limpieza de equipos.

Nº	Ítem	Cantidad	precio unitario U\$S	Total U\$S
1	Casco de seguridad	40.0	4.00	160.00
2	Cofia descartable	1,000.0	0.02	20.00
3	Gafa de seguridad	40.0	4.10	164.00
4	Máscara fotosensible	2.0	13.20	26.40
5	Caja de Barbijos	20.0	0.76	15.20
6	Caja Guantes de nitrilo	9.0	6.43	57.87
7	Caja Guantes de nylon	2.0	19.50	39.00
8	Protector auditivo	10.0	12.60	126.00
9	Mameluco de grafa	25.0	28.00	700.00
10	Chaqueta y pantalón laboratorio	6.0	30.50	183.00
11	Calzado de seguridad	45.0	29.00	1,305.00
12	Ducha de seguridad con lavaojos	5.0	171.50	857.50
13	Cartelería	100.0	0.13	13.00
14	Botiquín primeros auxilios	13.0	8.00	104.00
15	Extintores tipo ABC	20.0	39.00	780.00
16	Hidrantes	4.0	385.00	1,540.00
17	Cisterna	2.0	2097.00	4,194.00

18	Equipo presurizador	1.0	34576.00	34,576.00
19	Detector de humo	20.0	3.70	74.00
20	Hidro lavadora	1.0	563.39	563.39
21	Pulverizador	1.0	344.95	344.95
22	Tanque cisterna	2.0	2097.00	4,194.00
23	Detergente DEGRAL AC-2	20.0	14.85	297.00
	Total		U\$S	50,334.30

11.1.6 Resumen de Inversiones de Activos Fijos

La suma de las Inversiones de Activo Fijo antes mencionadas más los costos de instalación y transporte de equipos y cañerías (los cuales se calculan en función del coste total de equipos de planta), más la suma del costo de equipos móviles y otros gastos imprevistos, es igual a un costo total de **USD 2.338.150,51**.

A las inversiones anteriores deben sumarse rubros asimilables como, constitución y organización de la empresa, gastos administrativos e ingeniería durante la instalación, gastos de puesta en marcha otros imprevistos que incluyen los costos de grúa y contenedores, se obtiene un **total de Inversiones de Activo Fijo de USD 2.403.242**.

11.2 Activos de trabajo

Los activos de trabajo son todos los recursos iniciales que requiere una empresa para realizar las operaciones cotidianas antes de obtener ingresos. Debe comprarse materia prima e insumos, pagar mano de obra directa, pagar servicios (electricidad, agua, gas). Son recursos financieros con los que se debe contar para que el proyecto empiece a operar. Teniendo en cuenta lo mencionado este capital se destina a:

11.2.1 Stock de insumos

Se tienen en cuenta los costos de insumos necesarios para 60 días de operación.

Tabla 11.10: Stock de insumos

Nº	Ítem	Cant. Tn.	Valor unit. U\$S	Monto U\$S
1	Glicerol crudo	33.21	344.00	685,424.91
2	Barriles vacios	93.00	63.00	351,540.00
3	Carbon Activado	0.06	18,300.00	64,782.00
4	Solucion NaOH 50%	0.16	940.00	9,024.00
5	Glicerina USP	23.40	637.00	894,348.00
6	Contenedores	0.50	2,325.81	69,774.19
7	Pallets	25.00	4.35	6,525.00
Total				2.081.418,1

11.2.2 Disponible Bancario

En el mismo se considera un año de sueldos de mano de obra directa, 6 meses de costo directo de energía eléctrica y de gas natural y 6 meses de sueldos de mano de obra indirecta, más un extra por imprevistos.

Tabla 11.11: Disponible bancario.

Nº	Ítem	Valor unit. U\$S	Monto U\$S
8	Disponible bancario	-----	414.330,52

11.2.3 Total de Inversiones en Activos de Trabajo

El total de inversiones en Activos de trabajo se obtiene con la suma del Stock de Insumos y el Disponible Bancario, el valor total de las mismas es de **USD 2.580.025.**

11.3 Total Inversiones del proyecto

El costo total de inversiones del proyecto se obtiene con la suma del total de inversiones fijas y el total de inversiones en activos de trabajo, el mismo es de **USD 4.984.000**

Costos

Los costos de producción se clasifican en directos e indirectos. Los costos directos son aquellos proporcionales a la producción, mientras que los indirectos son independientes del nivel de producción.

11.3.1 Costos Indirectos

El cálculo de este costo comprende el de la mano de obra indirecta, la energía eléctrica indirecta y el correspondiente al agua.

11.3.1.1 Costo de Mano de Obra Indirecta

La mano de obra indirecta (MOI) contempla a los trabajadores que no participan directamente en el proceso de producción de bienes y servicios. El costo asociado a la MOI se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11.12: Mano de Obra Indirecta.

Nº	Cargo	Cantidad	U\$S mensua l	46% de aporte*	total U\$S/mes	U\$S anual
1	Gerente de Planta	1	2,258.06	1,038.71	3,296.77	39,561.21
2	Encargado RRHH	1	806.45	370.97	1,177.42	14,129.00
3	Encargado Comercialización y administración	1	806.45	370.97	1,177.42	14,129.00
4	Contador	1	537.63	247.31	784.94	9,419.28
5	Técnico de Higiene y seguridad	1	521.51	239.89	761.40	9,136.86
6	Vigilancia (tercerizado)	4	NA	-----	1,400.00	16,800.00
7	Personal de limpieza	4	376.34	173.12	2,197.83	26,373.91
	Total				U\$S	129,549.26

Para determinar los salarios del personal se consultó la escala salarial del Convenio Colectivo de Trabajo 387/04 y 388/04 para trabajadores del complejo industrial oleaginoso. Los salarios del gerente, jefe, supervisor, encargado, técnico de Higiene y seguridad y personal de limpieza estarán fuera de convenio, y se tuvo en cuenta los salarios de empresas del rubro.

11.3.1.2 Costo Indirecto de Energía Eléctrica

El costo de energía eléctrica indirecto es aquel que se corresponde con el uso de luminarias, computadoras, aires acondicionados, impresora, pava eléctrica, microondas y heladera.

Tabla 11.13: Costo Indirecto de Energía Eléctrica.

Ítem	Consumo anual KW	Cargo variable	Cargo fijo	total U\$/año	
		U\$/KWh	U\$/año		
		0.00335	586.542		
Total de energía en KWh de iluminación y artefactos eléctricos	157,939.2	529.86	586.54	U\$	1,116.40

11.3.1.3 Costo Indirecto de Agua

El costo de agua indirecto corresponde a todo el agua usada que no interviene en el proceso productivo, proviene principalmente de la Administración General.

Tabla 11.14: Costo Indirecto de agua.

ítem	Consumo anual m3	Cargo variable	Cargo fijo	total U\$/año	
		U\$/m3	U\$/año		
		0.08655	43.62581		
Consumo anual de agua	5,760.0	498.52	43.63	U\$	542.14

11.3.1.4 Costo Indirecto de Gas Natural

El costo de gas natural indirecto corresponde a todo el gas utilizado que no interviene en el proceso productivo, al igual que el agua, proviene principalmente de la Administración General.

Tabla 11.15: Costo Indirecto de Gas Natural

ítem	Consumo anual m3	Cargo variable	Cargo fijo	total U\$/año	
		U\$/m3	U\$/año		
		0.04459	\$ 67.49		
Consumo anual de gas natural	43,719.2	1,949.50	67.49	U\$	2,016.99

11.3.2 Costos Directos

El cálculo de este costo deriva de la suma del costo de mano de obra directo, de energía eléctrica directo, el de consumo de gas natural y el de tratamiento de residuos.

11.3.2.1 Costos de Mano de Obra

La mano de obra directa (MOD) contempla a los trabajadores que participan directamente en el proceso productivo para la purificación de glicerol. El costo asociado a la MOD se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11.16: Mano de Obra Directa

Nº	Cargo	Cantidad	Mensual U\$S	46% de aporte*	total U\$S/mes	U\$S anual
1	Supervisor de turno	6	1,075.27	494.62	9,419.37	113,032.38
2	Analista de Laboratorio	3	455.97	209.75	1,997.15	23,965.78
3	Operarios	24	455.97	209.75	15,977.19	191,726.27
	Total				U\$S	328,724.43

Los salarios pertenecientes a los operarios y analistas de calidad se registrarán según el gremio F.T.C.I.O (Federación de Trabajadores del Complejo Industrial Oleaginoso). Los salarios de jefes están fuera de convenio y se tuvo en cuenta los salarios de empresas del rubro.

11.3.2.2 Costo de Energía Eléctrica

El costo de energía eléctrica directa se calculó a partir del consumo eléctrico de todas las máquinas y equipos de la planta.

Tabla 11.17: Costo directo de Energía Eléctrica

ítem	Consumo anual KW	Cargo variable	Cargo fijo	total U\$S/año	
		U\$S/kWh	U\$S/año		
		0.00335	586.542		
Total de energía en KWh de máquinas y equipos	251,942	845.23	586.54	U\$ S	1,431.77

11.3.2.3 Costo de Gas Natural

El costo de gas natural directo se calculó a partir del consumo de la caldera.

Tabla 11.18: Costo directo de Gas Natural

ítem	Consumo anual m3	Cargo variable	Cargo fijo	total U\$/año	
		U\$/m3	U\$/año		
		0.04459	\$ 67.49		
Consumo anual de gas natural	1,852,105.8	82,587.99	67.49	U\$	82,655.48

11.3.2.4 Costo de Agua

El costo directo de consumo de agua se calculó a través del consumo intercambiadores de calor, caldera y enfriador.

Tabla 11.19: Costo directo de Agua

ítem	Consumo anual m3	Cargo variable	Cargo fijo	total U\$/año	
		U\$/m3	U\$/año		
		0.08655	43.62581		
Consumo anual de agua	864.0	74.78	43.63	U\$	189.45

11.4 Financiación y costos de la financiación

El capital propio, el cual es el aportado por los socios accionistas de la empresa está compuesto por un monto aproximado U\$D 2.984.000, representando un 60% de la inversión total necesaria para la construcción de la planta. El restante 40% (aproximadamente U\$D 2.000.000) será financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con una tasa de interés de 6,6% sobre el saldo deudor. El préstamo obtenido es de 8 años con un periodo de amortización de 24 cuotas trimestrales (6 años) y un periodo de gracia de 8 cuotas trimestrales (2 años) (1).

En la siguiente tabla se describe la amortización del préstamo considerando lo mencionado anteriormente:

Tabla 11.20: Amortización del crédito

Año	Trimestre	Deuda	Amortización	Intereses	Total	Incidencia anual
1	1	2,000,000	0	33,000	33,000	
1	2	2,000,000	0	33,000	33,000	
1	3	2,000,000	0	33,000	33,000	
1	4	2,000,000	0	33,000	33,000	132,000
2	1	2,000,000	0	33,000	33,000	
2	2	2,000,000	0	33,000	33,000	
2	3	2,000,000	0	33,000	33,000	

2	4	2,000,000	0	33,000	33,000	132,000
3	1	1,916,667	83,333	31,625	114,958	
3	2	1,833,333	83,333	30,250	113,583	
3	3	1,750,000	83,333	28,875	112,208	
3	4	1,666,667	83,333	27,500	110,833	451,583
4	1	1,583,333	83,333	26,125	109,458	
4	2	1,500,000	83,333	24,750	108,083	
4	3	1,416,667	83,333	23,375	106,708	
4	4	1,333,333	83,333	22,000	105,333	429,583
5	1	1,250,000	83,333	20,625	103,958	
5	2	1,166,667	83,333	19,250	102,583	
5	3	1,083,333	83,333	17,875	101,208	
5	4	1,000,000	83,333	16,500	99,833	407,583
6	1	916,667	83,333	15,125	98,458	
6	2	833,333	83,333	13,750	97,083	
6	3	750,000	83,333	12,375	95,708	
6	4	666,667	83,333	11,000	94,333	385,583
7	1	583,333	83,333	9,625	92,958	
7	2	500,000	83,333	8,250	91,583	
7	3	416,667	83,333	6,875	90,208	
7	4	333,333	83,333	5,500	88,833	363,583
8	1	250,000	83,333	4,125	87,458	
8	2	166,667	83,333	2,750	86,083	
8	3	83,333	83,333	1,375	84,708	
8	4	0	83,333	0	83,333	341,583

Tabla 11.21: Resumen del crédito amortizado.

Años	1	2	3	4	5	6	7	8
Amortización	0	0	333.332	333.332	333.332	333.332	333.332	333.332
Interés	132.000	132.000	118.250	96.252	74.250	52.250	30.250	8.250
Total	132.000	132.000	451.582	429.583	407.583	385.583	363.583	341.583

Tabla 11.22: Resumen del crédito amortizado.

Total amortizado	\$ 2,000,000.00
Total de intereses pagados	\$ 643,500.00
Total pagado con intereses	\$ 2,643,500.00

11.5 Punto de Equilibrio.

El punto de equilibrio es establecido a través de un cálculo que sirve para definir el momento en que los ingresos de una empresa cubren sus costos fijos y variables; esto es, cuando se logra vender lo mismo que se gasta, no se gana ni se pierde, se ha alcanzado el punto de equilibrio.

El **punto de Equilibrio (PE)** obtenido de nuestro proyecto se corresponde con el **19 %** de la producción anual de glicerina USP, lo cual representa 1.143 toneladas equivalentes a 4.536 barriles de producto terminado (250 kg cada barril).

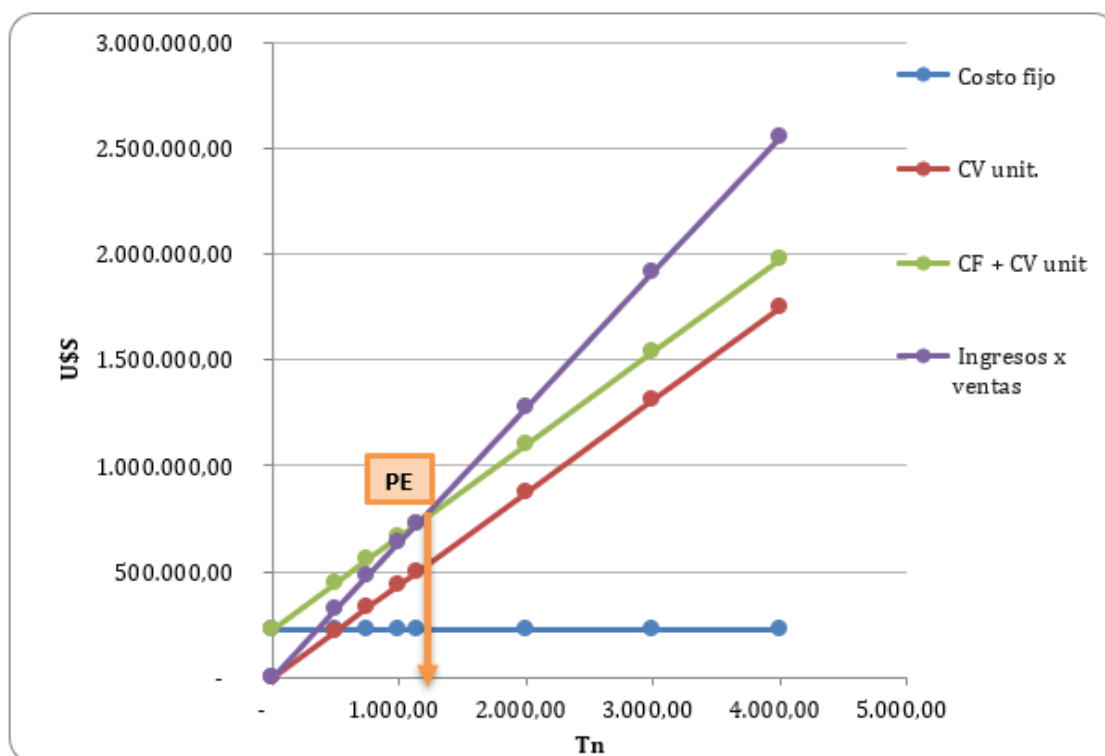


Figura 11.20. Punto de equilibrio.

11.6 Bibliografía.

[1] Apuntes de la cátedra "Proyecto de Instalación Industrial"

[2] New York Fed, Tasas estadounidenses:

www.newyorkfed.org/markets/reference-rates/sofr-averages-and-index



CAPITULO XII

EVALUACIÓN ECONÓMICA

12 CAPÍTULO XII: EVALUACIÓN ECONÓMICA.

La evaluación de un proyecto de inversión tiene como objetivo valorizar las inversiones que deben realizarse, y comparar las mismas con las utilidades que van a originarse en un determinado periodo de tiempo, que por lo general es de 10 años. Esto puede ser apreciado en el cuadro de origen y aplicación de fondos (1).

Con los datos proporcionados por el cuadro antes mencionado, se obtienen los siguientes indicadores económicos:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Período de recuperación de la inversión (PRI)
- Rentabilidad sobre las inversiones (ROA)

12.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor actual neto (VAN) es uno de los indicadores económicos más ampliamente utilizados en la evaluación económica de un proyecto en el cual se considera invertir.

Consiste en calcular el valor presente de los costos e ingresos futuros, mediante el uso de una tasa de interés adecuada, para de esa manera poder compararlos con los desembolsos iniciales de dinero en el inicio del tiempo de análisis (2).

La tasa de interés de referencia que se utilizó para calcular el valor presente de los ingresos y egresos futuros se denomina tasa de retorno o costo de oportunidad. La misma se consideró como la tasa de interés libre de riesgo del tesoro de los estados unidos, con un valor de 5,5%.

Para que el proyecto sea económicamente rentable, es decir, que los ingresos futuros compensen la inversión inicial y además generen ganancias, es necesario que el valor del VAN sea positivo.

Considerando un período de análisis de 10 años, y teniendo en cuenta la tasa de interés antes caracterizada, el valor del **VAN** es de **USD 2.179.000**

12.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Se puede definir como el cociente entre la utilidad anual y el monto de inversión, esto es válido si las utilidades son constantes a lo largo de los años de lo contrario puede definirse esta tasa como aquella que hace nulo el Valor Actual neto.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad.

De esta manera se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

El criterio de aceptación de un proyecto mediante su TIR consiste en que la misma sea mayor a la tasa de referencia utilizada en el cálculo de su VAN. En este caso, para que el proyecto sea viable, es imprescindible que su TIR sea mayor a la tasa de retorno o costo de oportunidad empleada en la determinación del VAN (5,5%).

El valor de la **TIR** para el proyecto es de **13%**.

12.3 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

Es el tiempo requerido para que la empresa recupere la inversión inicial del proyecto, calculado a partir de la entrada de efectivo. Su primordial utilidad es la de conocer en qué tiempo una inversión genera los recursos suficientes para igualar el monto de la inversión inicial. La inversión se recupera en el año en el cual los flujos de caja acumulados superan a la inversión inicial.

El período de recuperación de la inversión para este proyecto es de **8,61 años**.

12.4 RENTABILIDAD SOBRE LAS INVERSIONES.

La rentabilidad sobre las inversiones o ROA (Return on Assets) mide la rentabilidad de una empresa en relación con sus activos totales. Esta relación indica el rendimiento de una empresa comparando los beneficios (ingresos netos, antes de intereses e impuestos) que está generando con el capital que ha invertido en activos.

El valor del ROA para el proyecto es de **24%**.

12.5 CONCLUSIÓN.

En la siguiente tabla se resumen los valores de los indicadores mencionados en los apartados anteriores.

Tabla 12.1 Indicadores económicos.

INDICADOR	VALOR
VAN	2.179.000 USD
TIR	13%
PRI	8,61 AÑOS
ROA	24%

Dado los indicadores económicos obtenidos, se concluye en que el proyecto de producción de Glicerina USP es **rentable**.

12.6 BIBLIOGRAFÍA

[1] Apuntes de cátedra proyecto de Instalación Industrial.

[2] Apuntes de cátedra Ingeniera Económica.