



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata

Departamento de Ingeniería Química

Cátedra: Integración V –Proyecto final.

Cuerpo Docente: Polito, Oscar

Fullone, Carlos

DISEÑO DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL
Y
GLICERINA
A PARTIR DE UNA OLEAGIONOSA.

Fecha: 08/08/2018



ENERGÍA ALTERNATIVA



Trabajo final presentado como requisito para obtener el título de:

Ingeniero(a) Químico(a)

Grupo IV:

Borges, Virginia

Kuczko, Natalia

Lantern, Ariana

Muñoz, Camila

1° Presentación: Agosto 2018

Muñoz, Camila A.



INDICE

Estudio Técnico

Ingeniería Básica

1. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.2 ANTECEDENTES	13
1.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO: PROTOCOLO DE KIOTO	19
1.3.1 EMISIONES POR USO DE TRANSPORTE	21
2. OBJETIVOS	23
2.1. GENERALES.....	23
2.2. ESPECÍFICOS	23
3. MATERIA PRIMA.....	25
3.1 COLZA (BRASSICA NAPUS L.)	25
3.1.1 BOTÁNICA.....	25
3.1.2 USOS.....	27
3.1.3 CALIDAD	27
3.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO	28
3.1.5 RENDIMIENTOS	29
3.2 EL ACEITE	33
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE CRUDO	37
3.2.2 COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE CANOLA.....	38
3.2.3 RENDIMIENTO	38
4. PRODUCTO	40
4.1 INCENTIVO AL USO DEL BIODIESEL	45
4.1.1 PROPIEDADES DEL BIODIESEL	45
4.1.2 ASPECTOS PRINCIPALES DEL PLAN DE COMPETITIVIDAD	47
4.1.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	49
5. CATALIZADOR	57
5.1 ELECCIÓN DEL CATALIZADOR.....	61
5.2 FRACCIÓN MOLAR DE ALCOHOL EN ACEITE	62
5.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE REACCIÓN	62
5.4 REACCIONES DEL CATALIZADOR	63
5.4.1 REACCION DE NEUTRALIZACIÓN DE ACIDOS GRASOS LIBRES (AGL).....	63



5.4.2 REACCIÓN DE SAPONIFICACIÓN	65
5.5 ASPECTOS DE SEGURIDAD –CATALIZADOR.....	66
6. SUBPRODUCTOS.....	68
6.1 GLICERINA.....	68
6.1.2 CONDICIONES DE PRODUCTIVIDAD	70
6.1.3 EVOLUCIÓN DE LA GLICERINA.....	71
6.1.4 CARACTERIZACIÓN DE LA GLICERINA.....	73
6.1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS: ESPECIFICACIÓN, MÉTODOS..	75
6.1.6 INDUSTRIA DE LA PINTURA	77
6.2. RECUPERACIÓN DE METANOL	77
7. PROCESO POR BLOQUE	80
7.1 PATENTES ¹⁰	86
8. PRODUCCIÓN	87
8.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	87
8.2 ESCALADO DE LA PRODUCCIÓN	92
9. BASE DE CALCULO RESPECTO DE LAS REACCIONES QUIMICAS.	98
9.1 REACTORES.....	98
9.1.1 ECUACIONES DIFERENCIALES.....	102
9.2 BASE DE CALCULOS	109
Ingeniería de Detalle	
10. DISEÑO – ESPECIFICACIÓN	140
11. PLANIMETRÍA	247
<u>ESTUDIO ECONOMICO</u>	
12. ESTUDIO DE MERCADO	262
12.1 OFERTA.....	262
12.2 DEMANDA	268
12.3 PRECIO.....	275
13. CANALES DE COMERCIALIZACIÓN.....	286
14. LOCALIZACIÓN.....	291
15 SERVICIOS.....	302
16 RECURSOS HUMANOS.....	303
17 HABILITACIONES.....	306



18 ANÁLISIS ECONÓMICO	308
ANEXOS	
19. ANEXOS	339
BIBLIOGRAFIA	
20. BIBLIOGRAFIA	369
EIA	
ESTUDIO AMBIENTAL	371



RESUMEN
EJECUTIVO
ABSTRACT



El proyecto se basa en la obtención de biodiesel, a partir de una oleaginosa (colza). Se obtiene como subproducto la glicerina.

La escala de producción es pequeña, bajo la denominación de PyME. La producción es de 10.000 Tn/año de Biodiesel, en cuanto a la glicerina se produce un 17,24% en función a la alimentación.

El proyecto se encuentra localizado en el parque industrial de Dock Sud, partido de Avellaneda.

Presenta una inversión de USD 18.450.090,87; siendo ésta financiada por el BID (Banco Interamericano de Desarrollo); que ofrece tasa bajas de intereses ante proyectos de energías alternativas.

En el estudio financiero, se estableció una TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Retorno) de un 13,08%; dando una VAN (Valor Actual Neto) de USD 7.125.606,45 y una TIR (Tasa Interna de Retorno) del 19%. Siendo esto un panorama muy favorecedor en cuanto a la situación actual del país, debemos tener presente que el área de energías alternativas se encuentra aún en auge provocando esto un aspecto positivo a nuestro proyecto.

En cuanto al aspecto ambiental, tiene un aspecto positivo ya que dentro de las industrias que se alojan en el parque industrial de Avellaneda, nuestra planta fabrica un producto respetuoso con el medio ambiente.

Agosto-2018



ESTUDIO TÉCNICO



INGENIERÍA BÁSICA



1. JUSTIFICACIÓN

1.1 BIODIESEL

La **historia** de la producción de biodiesel en Argentina se inicia a mediados de la década pasada y fue el comienzo de una apuesta argentina para continuar agregando valor a la cadena de producción de la oleaginosa.

La estrategia era lógica: considerando que el país presenta un modelo agroexportador, Argentina contaba entonces con ventajas comparativas para la producción de biodiesel.

No solo eso sino que a su vez la producción de biocombustibles aparecía como alternativa para paliar uno de los principales problemas que comenzaban a aquejar al país en esos años: el **déficit energético**. Tras casi una década de caída en la producción de hidrocarburos, Argentina perdió el autoabastecimiento energético en el 2011.

Este fenómeno impactó de lleno en la **balanza de pagos** (en el 2014, el sector energético presentó un saldo comercial negativo por casi USD 6.100 millones).



La producción de biodiesel alcanzaba a compensar parcialmente estos déficits, dado que permitía reducir las importaciones de combustibles. El producto se mezcla con el combustible fósil, para reducir el consumo de este combustible. Así, la producción de biodiesel recibió pleno **apoyo estatal** desde sus inicios. En abril del 2006 fue promulgada la **ley 26.093**, que establecía el Régimen de Regulación y Promoción para la producción y Uso Sustentable de Biocombustibles.

La misma establecía un corte mínimo obligatorio del 5% de biocombustible en el combustible. El mismo podría ser incrementado, según se crea conveniente, por la autoridad de aplicación (posteriormente los cortes lo ha designado la Secretaría de Energía).

Sin embargo, la implementación de hecho de esta **normativa** se demoró hasta principios del 2010. La indefinición de los precios del mercado local y los costos de producción a baja escala (menos de las 50.000 Tn necesarias para acceder a los beneficios de la ley) demoraron la instalación de este tipo de fábricas.

La producción de biocombustibles a nivel mundial ha crecido exponencialmente en los últimos años. Su desarrollo ha estado ligado a la subida del precio del petróleo, a las políticas de promoción adoptadas por los distintos países, y a la creciente concienciación social desarrollada en torno al cuidado medioambiental. El mundo apuesta actualmente por el biodiesel y por el bioetanol como alternativa a los combustibles de origen vegetal dado que ambos proceden de fuentes alternativas y permiten reducir, de modo significativo, las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.



En el decreto 37/16, Art. 7º se establece que las empresas encargadas de realizar las mezclas de combustibles fósiles con BIODIESEL estarán obligadas a agregar una proporción obligatoria de **BIODIESEL de DIEZ POR CIENTO (10%)** al total del volumen del combustible fósil gasoil/diésel que se comercialice en el Territorio Nacional. **Este decreto es el último que está aprobado hasta el momento.**

Los sectores privados en la Argentina, encabezados por los grandes productores de aceites, observaron un potencial mercado y estuvieron fueron pioneros en construir las plantas de producción de biodiesel utilizando mayoritariamente tecnología extranjera.

Esta industria, previo a la puesta en marcha de la ley, ya se había lanzado y los grandes consumidores como Europa y Estados Unidos generando diversos targets con respecto al biodiesel.

Debido al aumento progresivo de la demanda automotriz en Argentina, la industria de combustibles se ve en la obligación de aumentar también su producción; necesitando, por este motivo, mayor cantidad de biocombustibles.

Nuestro proyecto tiene un **alcance** de producción a pequeña escala, ya que la producción de biodiesel a partir de colza es aún una industria que no está desarrollada, aunque mundialmente ya se implementa en varios países sobre todo en Europa. **Al tratarse de una planta de pequeña producción, contamos**



además con beneficios adicionales establecidos por la Ley 26.093. La misma, en el Artículo 14, establece lo siguiente:

ARTÍCULO 14. — El cupo fiscal total de los beneficios promocionales se fijará anualmente en la respectiva Ley de Presupuesto para la Administración Nacional y será distribuido por el Poder Ejecutivo nacional, priorizando los proyectos en función de los siguientes criterios:

- Promoción de las pequeñas y medianas empresas.
- Promoción de productores agropecuarios.
- Promoción de las economías regionales.

Dejase establecido que a partir del segundo año de vigencia del presente régimen, se deberá incluir también en el cupo total, los que fueran otorgados en el año inmediato anterior y que resulten necesarios para la continuidad o finalización de los proyectos respectivos.

A los efectos de favorecer el desarrollo de las economías regionales, la autoridad de aplicación podrá establecer cuotas de distribución entre los distintos proyectos presentados por pequeñas y medianas empresas, aprobados según lo previsto en los artículos 6º y 13, con una concurrencia no inferior al veinte por ciento (20%) de la demanda total de biocombustibles generada por las destilerías, refinerías de petróleo o aquellas instalaciones que hayan sido debidamente aprobadas por la Autoridad de Aplicación para el fin específico de realizar la mezcla con derivados de petróleo previstas para un año.



1.2 ANTECEDENTES

Los cambios ocurridos en el mundo desde la revolución industrial han estado asociados principalmente a tres componentes:

- aumento de la producción de bienes y servicios.
- demanda creciente con características del tipo exponencial de energía (principalmente de combustibles fósiles).
- alarmante aumento de los niveles de contaminación del ecosistema.

A fines de Siglo XIX, Rudolf Diésel (1858-1913) ingeniero alemán, inventa el motor de combustión que utiliza fuel oíl y a partir de allí implementó tempranas versiones de una máquina que utilizaba aceite de maní como energía.

A partir de 1970 el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética y el elevado costo del petróleo y en 1985, en Silberberg (Austria) se construyó la primera planta piloto productora de biodiesel a partir de las semillas de colza o canola.

Con la búsqueda constante de mejorar los procesos hoy en día se plantea un nuevo desafío, lograr que los mismos no afecten de manera negativa al ambiente y su consumo de energía sea el menor para lograr una mejor



eficiencia, es decir, con los menos recursos generar más combustibles y de mejor calidad con el fin de que luego en su combustión no produzcan daños adversos. Actualmente Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son también pioneros en la producción, ensayo y uso del biodiesel en automóviles.

Aquel país que presente grandes recursos en el sector agro, tiene grandes ventajas competitivas, nuestro país ha sido dotado con abundantes tierras fértiles y recursos humanos extraordinarios. El resultado de eso es que Argentina es uno de los más eficientes productores de granos del planeta.

Argentina comenzó a producir biodiesel en 2007 y rápidamente se convirtió en el primer exportador del mundo. En solo cinco años se convirtió en una potencia de la industria de los biocombustibles. Argentina es el 5° productor mundial de biodiesel computando todas las materias primas y el 3° productor mundial de biodiesel en base a aceite de soja. Por otra parte, es el 1° exportador mundial de este producto.

El motor de este sector en el país, tanto a nivel producción como investigación y desarrollo, se encuentra en la provincia de Santa Fe y alrededores, con su epicentro en la ciudad de Rosario. Esto se debe a que se produce exclusivamente a base de aceite de soja y esta es la mejor zona para el cultivo de la misma.



El biodiesel a partir de aceite de soja es un biocombustible de primera generación. Estos son aquellos que se producen directamente de cosechas que pueden destinarse a la alimentación humana o del ganado, y por lo tanto su producción es muy polémica teniendo en cuenta los millones de personas en el mundo que mueren por hambre.

Las **ventajas** de los biocombustibles de primera generación:

- Se parte de cultivos establecidos y disponibles en prácticamente todo el mundo.
- Existe tecnología para su transformación y es más sencilla.

Inconvenientes y conflictos:

- Se debería destinar la totalidad de la superficie cultivable para poder sustituir el uso de combustibles fósiles, por lo que no habría cosechas destinadas a la alimentación.
- Uso intensivo del suelo, que compromete su conservación.
- Grandes necesidades de agua y fertilizantes, que agotarían este recurso básico para la vida del planeta.
- Disminución de la biodiversidad, con desaparición de zonas boscosas o selváticas para destinarlas a plantaciones intensivas.
- Conflicto ético moral: cosechas para comida o para combustibles.



Nuestro proyecto plantea la obtención de un biodiesel a partir de una oleaginosa que en nuestro país no se destina al consumo alimenticio es por ello que lo consideramos como un biocombustible de segunda generación.

Los combustibles de segunda generación también se conocen con el nombre de biocombustibles avanzados. Lo que les diferencia de los de primera generación es el hecho de que la materia prima usada para su producción no son cosechas que pueden destinarse para alimentación en primera instancia. Por ejemplo, un aceite virgen sería un biocombustible de primera generación; pero no así los aceites obtenidos mediante extracción química que no sirven para alimentación humana. También se diferencia en que se cultivan aprovechando áreas marginales improductivas en cultivos para alimentación y que no se requiere agua o fertilizantes para su cultivo.

Las fuentes principales de los biocombustibles de segunda generación contienen gran cantidad de lignina y celulosa, por lo que necesita procesos previos a su fermentación: conversión termoquímica (gasificación, pirolisis o torrefactado) y conversión bioquímica.

Las ventajas de estos biocombustibles de segunda generación son:

- Son generalmente más eficientes y más amigables con el medio ambiente que los biocombustibles de primera generación.



- Aunque se requieran también grandes extensiones de cultivo para la obtención de la biomasa de partida, en una misma cosecha se puede destinar por ejemplo, el grano a alimentación, y los residuos (tallos, hojas, cascarilla, entre otras) a la producción de biocombustible.
- Se pueden aprovechar otras especies no destinadas a producción de alimentos: distintas especies de gramíneas, jatropha (*Jatropha curcas*), etc.

Y como principales inconvenientes tendríamos:

- Requieren de una tecnología más compleja para su obtención, lo que en muchos casos aumenta el coste hasta hacerlos más caros que los combustibles fósiles.

Las nuevas tendencias se enfocan en lograr la obtención de biocombustibles de tercera generación. El término "tercera generación" se ha empezado a aplicar recientemente a los biocombustibles y se refiere a los biocombustibles obtenidos a partir de algas o microalgas. Anteriormente, los biocombustibles obtenidos de las algas quedaban englobados en los de segunda generación, pero visto los superiores rendimientos partiendo de menor cantidad de materia prima, se ha considerado apropiado crear un grupo específico para ellos.

En Europa se ha desarrollado la tecnología de producir aceite por medio de algas teniendo una capacidad de 10.000-20.000 m³/km², siendo más elevado que el



alcanzado por la colza (120 m³/km²), la soja (40 m³/km²), la mostaza (130 m³/km²) y la palma (600 m³/km²).

Estos biocombustibles de tercera generación producen un aceite que se refina fácilmente en diésel y más importante aún, es que las algas pueden manipularse genéticamente para producir desde etanol a gasolina o diésel puros.

Las ventajas que ofrecen los biocombustibles de tercera generación:

- Son neutrales en las emisiones de carbono durante la combustión.
- Gran rendimiento por unidad de superficie.
- No tienen porqué ser producidas en terrenos destinados a la agricultura, se pueden producir incluso en laboratorios (en fotobiorreactores) o en instalaciones de círculo cerrado.
- En las instalaciones de círculo cerrado, el CO₂ y el agua residual vuelven a ser empleados como nutrientes.
- Pueden generar gran diversidad de combustibles: gasolina, biodiesel, etanol, butanol, metano, aceite vegetal, etc.

Pero no todo es perfecto, y hay una serie de desventajas también:

- Normalmente, la producción de algas necesita condiciones muy controladas de temperatura.
- Requieren la aplicación de fósforo, que se está convirtiendo en un recurso escaso y que entraría en conflicto con la fertilización para la producción de alimentos, siendo ésta una gran desventaja.



- Mayores costes de producción.
- El empleo de ingeniería genética sigue siendo un problema para mucha gente.

A pesar de esto, con los biocombustibles de tercera generación se abre un futuro favorecedor para la obtención de combustibles que puedan llegar a sustituir de forma eficaz a los combustibles fósiles de los que tenemos tanta dependencia¹.

1.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO: PROTOCOLO DE KIOTO

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases provocadores del calentamiento global. Este instrumento se encuentra dentro de la [Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático \(CMNUCC\)](#), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, y es uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene los compromisos asumidos por los países industrializados de reducir sus emisiones de algunos gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global.

El Protocolo de Kioto se aplica a las emisiones de gases de efecto invernadero:



- **Dióxido de carbono (CO₂):** Es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂. La principal fuente de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera es la quema de combustibles fósiles y biomasa (gas natural, petróleo, combustibles, leña) en procesos industriales, transporte, y actividades domiciliarias (cocina y calefacción). Los incendios forestales y de pastizales constituyen también una fuente importante de CO₂ atmosférico.
- **Metano (CH₄):** Es un gas compuesto por cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida. En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Es muy peligroso ya que es fácilmente inflamable y explosivo. El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra.
- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x):** El término óxidos de nitrógeno se aplica a varios compuestos químicos gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente, ninguno de los dos es inflamable.
- **Clorofluorocarbonos:** Hidrofluorocarbonos (HFC); Perfluorocarbonos (PFC); Hexafluoruro de azufre (SF₆): Denominados también CFC's es cada uno de los derivados de los



hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro principalmente. Debido a su alta estabilidad fisicoquímica y su nula toxicidad, han sido muy usados como líquidos refrigerantes, agentes extintores y propelentes para aerosoles. Los CFC's poseen una capacidad de supervivencia en la atmósfera, de 50 a 100 años (Graedel y Crutzen, 2003).

1.3.1 EMISIONES POR USO DE TRANSPORTE

El rápido crecimiento de la población, el tráfico, la industria y el consumo de energía que se aprecia en las últimas décadas, contribuyen a aumentar la rigurosidad en materia medio ambiental por la contaminación del aire, ruido y sus consecuencias sobre el cambio climático mundial. El aumento en el tránsito vehicular, privado y público es responsable del empeoramiento de la calidad del aire y el aumento del ruido ambiental. Este deterioro se manifiesta fundamentalmente como un incremento en las enfermedades respiratorias y estrés, una disminución de la productividad, y un decaimiento del valor sociocultural de cada área afectada. A esto se le suma un aumento importante de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta criticidad provoca de manera urgente desarrollar políticas de gestión de la calidad del aire de reducción, mitigación y prevención las emisiones de gases y aerosoles a la atmósfera.

A continuación detallaremos las emisiones de dióxido de carbono provocada por el transporte tanto público como privado en la República Argentina.



La fuente de información fue proporcionada por World Bank Group.

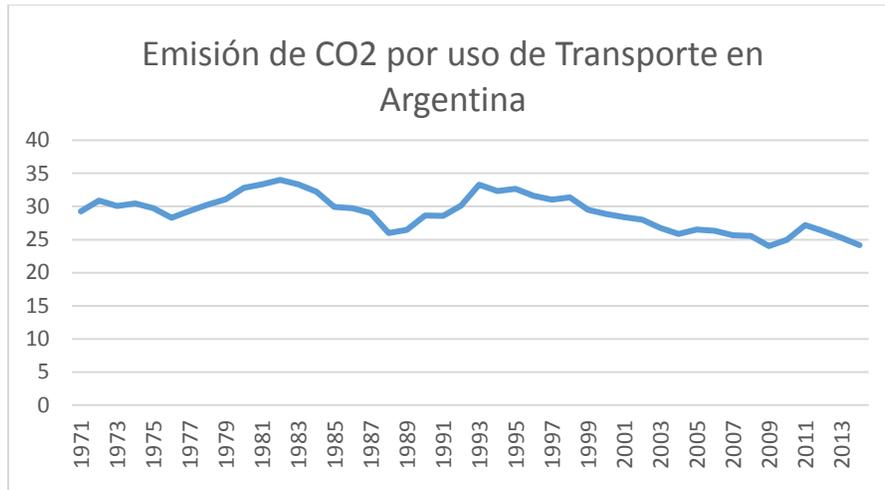


Grafico 1.3.1- Emisión de dióxido de carbono en Argentina.

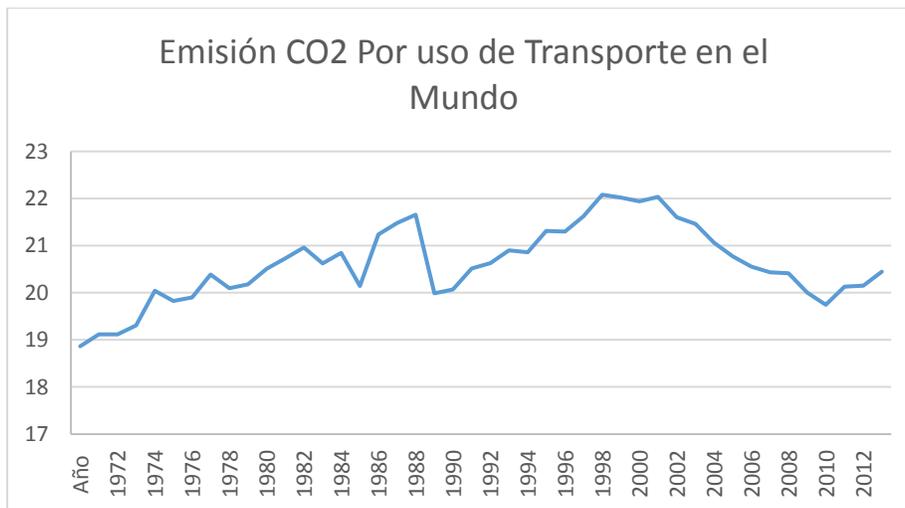


Grafico 1.3.2- Emisión de dióxido de carbono en el mundo.



2. OBJETIVOS

2.1. GENERALES

Desarrollo del estudio técnico y económico de una planta elaboradora de biodiesel a partir de aceite de colza y posterior producción de glicerina, a escala pequeña, utilizando de catalizador básico y dos periodos de reacción denominados esterificación y transesterificación.

2.2. ESPECÍFICOS

Los objetivos a considerar en el presente estudio son:

- Considerar variables que intervienen en el proceso y las modificaciones que éstas producen:

Presión
Temperatura
Composición



Catalizador

- **Recuperar** el metanol del proceso productivo: Es necesario recuperar el metanol que se agrega en exceso a la reacción para obtener mayor conversión de la misma.
- **Recircular** el metanol: la recirculación permite ahorrar los costos de insumos y evita emisiones de metanol al ambiente, siendo éste un compuesto altamente inflamable y tóxico.
- **Purificar** la Glicerina: La calidad del glicerol producido y su valor como sub producto son una variable económica muy importante, especialmente cuando el escalado es pequeño. Respecto de la composición de la materia prima, la proporción de glicerol es menor al 50%. En proporción 20% de glicerol propiamente dicho, y un 3% entre agua, catalizador, jabón y metil éster que no reaccionaron.

Palabras claves: Recircular- Purificar –Recuperar- metanol- glicerina- catalizador – variables.



3. MATERIA PRIMA

3.1 COLZA (BRASSICA NAPUS L.)

3.1.1 BOTÁNICA

La colza (*Brassica napus* L.) es una planta herbácea perteneciente a la familia de las Brassicáceas (Crucíferas), una oleaginosa que alcanza hasta 2 m de altura y produce una semilla pequeña y redonda, de color negro, marrón o amarillo, de alto contenido de aceite (40-45 % de aceite).

Existen dos tipos de colza, la colza de invierno y la de primavera, las cuales están diferenciadas por sus requerimientos de vernalización. La planta de colza forma una roseta durante su periodo vegetativo. Estando próxima a florecer, esta especie produce ramificaciones.

La colza tiene raíz pivoteante y profunda. Cuando la raíz principal se encuentra con obstáculos para profundizar, desarrolla raíces secundarias.



Las flores son pequeñas, amarillas y se agrupan en racimos terminales.



Imagen 3.1.1- Planta de colza-canola



Imagen 3.1.2- Semilla y su interior

La semilla de la familia de las crucíferas que se caracteriza por un tamaño pequeño (2 mm, aproximadamente) y forma esférica. La capa externa (testa), habitualmente denominada cascarilla, es de color rojizo-marrón oscuro y en ella se puede diferenciar claramente la parte correspondiente a la radícula del embrión. En su interior, se presenta un color amarillo intenso. No existen



diferencias morfológicas entre las distintas variedades (canola o colza doble cero y triple cero).

3.1.2 USOS

El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico se utiliza como aceite comestible para ensaladas y para cocinar, así como para hacer margarinas. Los aceites de alto contenido de ácido erúxico se utilizan como lubricantes y para la síntesis de plásticos. La harina de extracción posee un alto contenido de proteína (36-37 %) de alto valor nutricional, utilizándose como suplemento proteico. Otro uso del aceite de colza es la producción de biodiesel, el cual es conocido como RME (rapeseed methyl ester).

3.1.3 CALIDAD

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo del cultivo de la colza, además de los incrementos en los rendimientos, fueron los cambios asociados con la calidad del aceite y de la harina de extracción. Las variedades más antiguas de colza poseen un aceite con alto contenido de ácido erúxico (50-55 %), el cual es no deseable desde el punto de vista nutricional. A través de mejoramiento genético se bajó el nivel de erúxico a prácticamente cero. Por otra parte, la harina de extracción contiene grandes cantidades de glucosinolatos, compuestos también considerados antinutricionales, especialmente en animales monogástricos. Nuevamente, por técnicas de mejoramiento se transfirieron los genes provenientes de un cultivar de bajo nivel de glucosinolatos a las líneas



actuales de alto rendimiento, con lo cual la aceptación de este cultivo oleaginoso creció enormemente.

Como consecuencia de estos cambios cualitativos, la colza pasó a ser llamada "canola" (cero contenido de ácido erúxico y glucosinolatos) para diferenciarla de los viejos cultivares, siendo su nivel de erúxico inferior al 2 % y su contenido de glucosinolatos alifáticos menor a 30 μ moles por gramo.

Debemos considerar que **Canola** es una sigla. Significa: Canadian Oil Low Acid. "La canola" es también llamada "COLZA 00" (colza doble cero). El "doble cero" es justamente la variedad de colza apta para consumo humano. Esta se diferencia del grano de colza tradicional, siendo esta clase de grano el que utilizaremos en nuestro proyecto.

3.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

El cultivo de colza se presenta como una opción excelente para nuestro país tanto para los productores como para la industria. La producción de aceite en Argentina está centrada casi exclusivamente en cultivos estivales. La colza por su ciclo invierno-primavera accede al mercado en otra época del año, por lo cual abastece a la industria en momentos en que ésta permanece ociosa y no se superpone con la molienda de las otras oleaginosas.

Al tratarse de un cultivo de áreas templado frías, brinda al productor una opción importante como componente de su **rotación agrícola** que en estas zonas se



limita principalmente a cereales de invierno. La colza en planteos de siembra directa permite la realización de cultivos de segunda tales como soja o maíz. La calidad del grano y el rendimiento en aceite que se obtiene es de excelente calidad lo que permite su adquisición por parte de los mercados más exigentes.

3.1.5 RENDIMIENTOS

Los rendimientos obtenidos en lotes de producción de las diversas regiones productoras de nuestro país son similares a los que se obtienen en los principales países productores. La cantidad y calidad del aceite es acorde a lo requerido por los principales compradores.

Los estudios de rendimientos de variedades señalan que algunas de ellas han superado los 2500 kg/Ha, en promedio de 3 años consecutivos, y que por cada 1000 kg se obtienen unos 400 L de aceite. El porcentaje de aceite de la semilla de colza-canola oscila entre 40 y 50%, valores promedios comparables con otras oleaginosas.

3.1.6 COMPETENCIAS

Argentina presenta ventajas competitivas tales como:

- Condiciones climáticas e intrínsecas que permiten la producción de colza de muy buena calidad para poder abastecer a los mercados más exigentes.
- Una industria aceitera desarrollada que puede procesar esta oleaginosa sin competir con las producciones de girasol y soja.



- La posibilidad de contra-estación para abastecer a los principales importadores que se encuentran en otras latitudes.

Se cree que el cultivo tendrá un auge respecto a su producción, ya que el productor encuentra en la colza una excelente opción para diversificar su producción y mejorar su rentabilidad.

Respecto del año pasado (2017), La Unión Europea, principal productor mundial, con casi el 30% de la producción total, consume más del 35% del volumen mundial de esta oleaginosa, siendo deficitaria su producción para un completo autoabastecimiento.

China también consume más de lo que produce, y junto a la Unión Europea son los principales importadores mundiales de colza, con un volumen estimado de importación en casi 8 millones de toneladas, que representa más del 60% del volumen mundial exportado.

La producción local de colza ha tenido grandes variaciones año a año, para tomar solo los últimos 7, diremos que se sembraron mínimos de 12.700 hectáreas en 2010, y máximos de 92.700 hectáreas en 2012, con una producción de 23 mil y 128 mil toneladas respectivamente.

A continuación se puede visualizar el gráfico realizado por el ministerio de agroindustria.

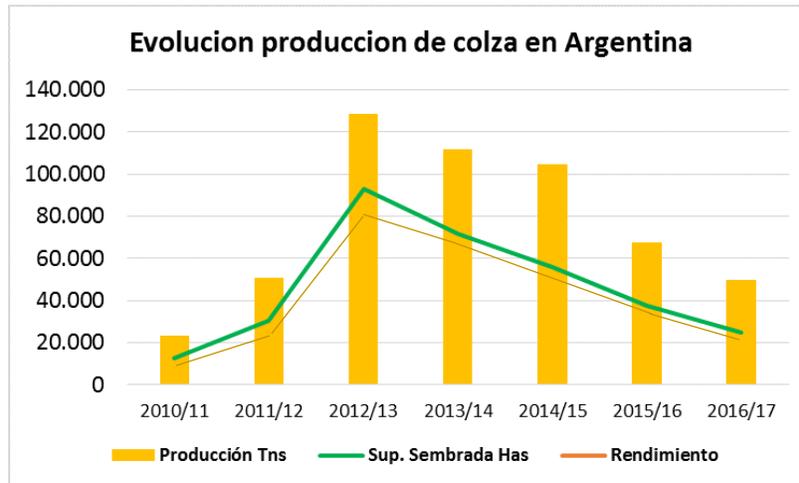


Imagen 3.1.6 – Evolución producción de colza en Argentina

Alguno de los motivos por los que la producción no alcanzaba un volumen estable, era por los ajustes tecnológicos que año a año deben desarrollarse en los diferentes ambientes, tanto desde el punto de vista genético, como de manejo integral (siembra, protección y cosecha).

Sin embargo se han hecho grandes esfuerzos en muchas zonas del país, logrando estabilizar los rendimientos promedio, que para las últimas tres campañas han rondado entre 19 y 20 qq/ha, volumen aceptable para obtener rentabilidad. La producción 16/17, estimada en casi 50 mil toneladas en una superficie aproximada de 25 mil hectáreas, alcanzó un rendimiento promedio de 20 qq/ha.

Consideración qq, es un quintal. El kilogramo (kg) es la unidad básica de masa del Sistema Internacional de Unidades, mientras que el quintal (qq) es el



segundo múltiplo del kilogramo, también llamado decitonelada. El quintal se suele utilizar para pesar las cosechas. Un quintal equivale a 100 kilogramos.

Los futuros de colza en MATIF - en cuanto a su cotización, la colza depende de dos factores principales. El primero es el tipo de cambio euro-dólar y, en segundo lugar, el precio del grano en el Mercado a Término Internacional de Francia (Matif) que es el mercado de referencia obligado. - muestran un mercado a la suba desde Agosto 2017 a Mayo 2018, y es Noviembre 2017 el precio de referencia para la cosecha de Argentina.

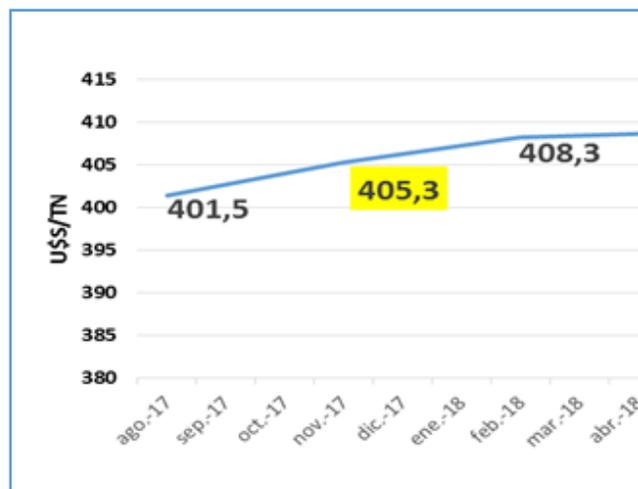


Imagen 3.1.6 a – Futuro de la colza MATIF

Por lo cual nos podemos apoyar en promulgar este proyecto ya que es un cultivo de invierno, no convencional, plantea riesgos que podrían ser transformados en ventajas competitivas ante un correcto manejo del cultivo y su comercialización. Los productores, podrán escoger frente a un año en el que trigo es la estrella local, asumir el riesgo de diversificar la cartera utilizando un cultivar de invierno



de manera alternativa. Se asumen costos similares por unidad de superficie, diversificando así productos y mercados.

3.2 EL ACEITE

El aceite obtenido de su procesamiento tiene una composición muy particular, ya que no sólo posee un alto porcentaje de ácido oleico, sino que contiene omega 3 mediante la presencia del ácido alfa-linolénico. Además, posee gran cantidad de vitamina E, ácidos grasos no saturados y alto porcentaje de ácidos grasos libres (AGL), siendo esta la razón por la cual generamos la estrategia de realizar los procesos de esterificación y transesterificación que se detallarán en los precedentes capítulos.

Si bien el alcance del proyecto tiene dentro de los tópicos definidos la recepción del aceite, a continuación detallaremos de manera global como es la obtención del **aceite de nuestros proveedores**:

Extracción. Para obtener los aceites de semillas oleaginosas se parte de las semillas preferentemente maduras, que suelen contener hasta un 30% más de aceite que las mismas semillas verdes. La extracción de la fase grasa puede realizarse mediante medios mecánicos (presión) o mediante disolventes (hexano). Ambos tipos han alcanzado una gran perfección y se usan en todo el mundo.



En el caso de las semillas oleaginosas se recurre a la extracción por presión cuando el contenido en aceite es mayor del 20%. Para extraer el aceite del material que lo contiene por presión, las paredes de las células que lo contienen tienen que romperse. Esto se puede conseguir molturando la semilla o fruto, haciéndolos copos (“flaking”), pasándolos por rodillos o sometiéndolos a grandes presiones.

En operaciones a gran escala, la extracción con disolventes es un medio más económico de obtención de aceite que la extracción por presión.

Refinado. Tras la extracción del aceite se realiza un proceso de refinado, también conocido como “purificación” donde eliminaremos todos los elementos groseros. A veces la refinación sólo exige una clarificación del aceite pero para conseguir aceites con una calidad organoléptica óptima, es necesario someterlo a una serie de operaciones que eliminen el olor y sabor indeseables.

Neutralización. Mediante este proceso eliminamos los ácidos grasos libres que se han formado durante la extracción y que pueden enranciar el producto final. Esta desacidificación (retirado) se realiza por adición, al aceite, de hidróxido sódico, al 12- 15%. Esta operación se realiza en calderas provistas de agitador y un sistema de calefacción con vapor a alta temperatura. Mediante este sistema se forman unos gránulos de jabón en pasta (unión de los ácidos con el hidróxido) que crecerán y podrán ser eliminados mediante decantadores o centrífugas.



Decoloración. Una vez tenemos el aceite neutralizado, eliminamos los restos de pigmentos naturales (carotenos, clorofilas) mediante el uso de filtros especiales como el carbón activo o la tierra adsorbente. Este tipo de tierras suelen ser arcillas trituradas y tamizadas o arcillas activadas por un tratamiento con ácido sulfúrico, seguido de un lavado de agua para eliminar el ácido. La más utilizada es la bentonita (silicatos de aluminio hidratado).

El aceite y la tierra se agitan conjuntamente durante 15 minutos con temperaturas de 80-90°C. La cantidad de tierra que se añade, depende de la cantidad de pigmentos que tengamos que eliminar, lo normal es utilizar un 5%.

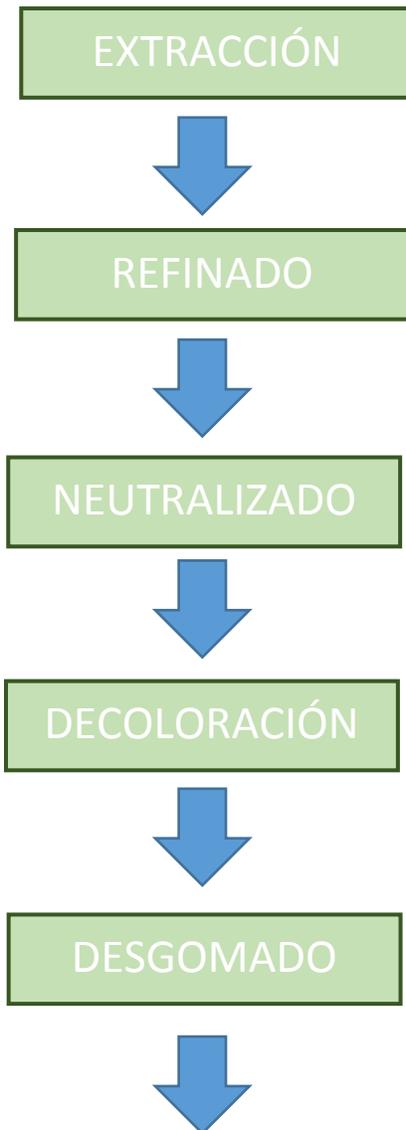
Desgomado. En este proceso se eliminan los fosfolípidos y glucolípidos que se encuentran disueltos en el aceite y que se alteran con mayor facilidad que los triglicéridos. En este caso, el desgomado consiste en tratar el aceite con agua o vapor, con lo que se hidratan estos compuestos haciéndose insolubles en el medio graso. El proceso se realiza en unos tanques provistos de agitadores mecánicos que incorporan agua en proporción de un 2% con temperaturas de 70°C o en forma de vapor lo que facilita la rápida hidratación de los fosfátidos. Desde el tanque de mezcla, el aceite pasa a una centrífuga de gran velocidad que separa las dos fases de forma selectiva.

Desodorización. Durante este tratamiento, se eliminan las sustancias hidrosolubles responsables del olor, mediante un chorro de vapor de agua. En el proceso, el aceite se calienta hasta temperaturas de 150-160°C, mientras que



paralelamente se le pasa una corriente de vapor directo, que arrastra todas las sustancias volátiles, dejando el aceite prácticamente inodoro y con un sabor suave. Su duración es de 3-4 horas y es el más largo de todo el proceso de refinación.

Tras estos pasos tecnológicos conseguiremos un producto final homogéneo y limpio, pero, el problema viene cuando valoramos este aceite a nivel nutricional, ya que tras su refinado, el aceite ha perdido casi el 100 % de sus vitaminas y sustancias antioxidantes (esteroles, tocoferol).



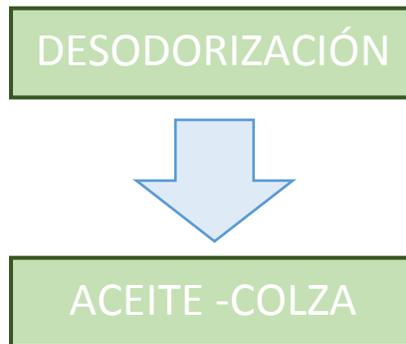


Diagrama 3.2- procesos productivo aceite

3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE CRUDO

A continuación detallaremos las características del aceite crudo:

Temperatura	40°
Ácidos grasos libres	20%
Phosphatides	300 ppm P
Impurezas	0.10%
Humedad	0.10%
Ceras	Libre
Insaponificables	0.15%
Nº Yodo	138
Sulfuros	10 ppm
Estabilidad a la oxidación a 110 °C	5 h
Contenido en polímeros	0.50%
Ácidos grasos dobles enlaces	1%



3.2.2 COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE CANOLA

Evaluated every 100 grams.

Total fats 100 g:

Saturated fatty acids 7.1 g

- Palmitic acid 4 g
- Stearic acid 1.8g
- Arachidic acid 0.7g
- Behenic acid 0.4 g
- Lignoceric acid 0.2g

Polyunsaturated fatty acids 29.6 g,

- Linoleic acid 20.3 g
- Linolenic acid 9.3 g

Monounsaturated fatty acids 58.9 g,

- Oleic acid 56.1 g
- Gadoleic acid 1.7
- Erucic acid 0.6 g

3.2.3 RENDIMIENTO

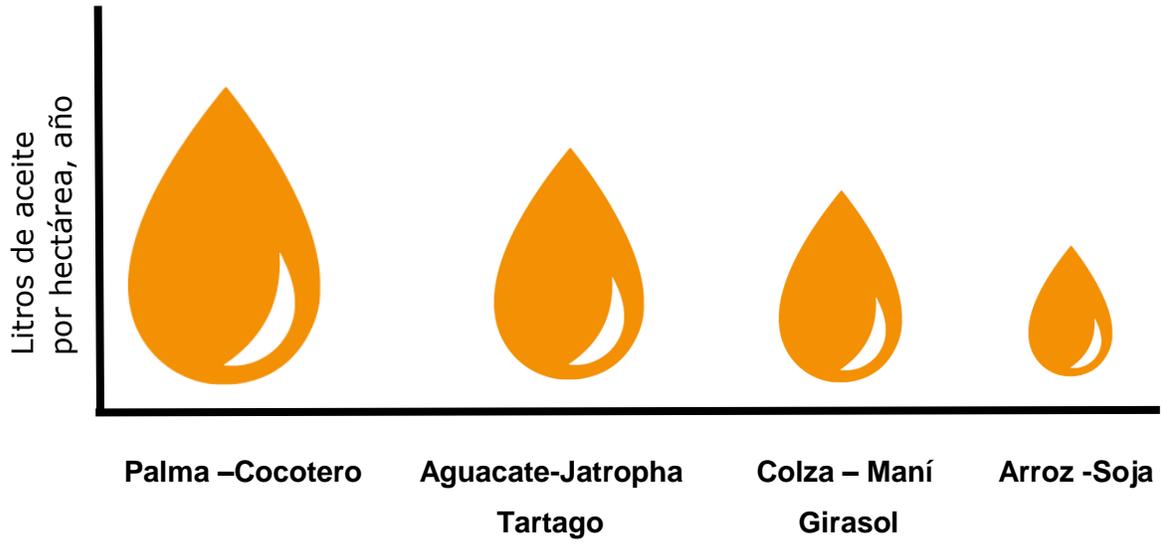
In the following we will list the liters of oil per hectare, year of the different oleaginous, being that the rapeseed occupies a sixth place.

- Soja (*Glycine max*): 420 litros
- Arroz (*Oriza sativa*): 770 litros
- Girasol (*Helianthus annuus*): 890 litros
- Maní (*Arachis hipogaea*): 990 litros
- Colza (*Brassica napus*): 1100 litros
- Ricino/tartago (*Ricinus communis*): 1320 litros
- Jatropha/tempate/piñon (*Jatropha curcas*): 1590 litros
- Aguacate, palta (*Persea americana*): 2460 litros



- Cocotero (*Acrocomia aculeata*): 4200 litros

- Palma (*Elaeis guineensis*): 5550 litros





4. PRODUCTO

Nuestro producto es el Biodiesel es un biocombustible derivado de biomasa renovable para uso en motores de combustión interna con ignición por compresión u otro tipo de energía que pueda sustituir total o parcialmente algún combustible de origen no renovable.

El Biodiesel es biodegradable, no tóxico, genera bajos perfiles de emisión y consecuentemente, es ambientalmente benéfico.

El uso de biodiesel en el sector de transporte, específicamente en motores convencionales de combustión interna, reduce las emisiones de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, sulfatos, compuestos aromáticos y material particulado. Estas reducciones aumentan a medida que aumenta el contenido de biodiesel en la mezcla, de manera que, cuando se utiliza 100% de biodiesel en los motores, es posible reducir las emisiones hasta en un 75% si se compara con las presentadas, utilizando diésel convencional obtenido del petróleo.



Mundialmente los biocombustibles se usan como un agregado combustibles derivados de petróleo en un porcentaje reducido. Actualmente en la Argentina las mezcladoras están obligadas a utilizar un porcentaje del 10% de biodiesel en la mezcla con diésel o gasoil, denominado B10. Si se utilizase la totalidad del biodiesel como sustituto total se denomina B100, mientras que otras denominaciones como B5 o B30 hacen referencia a la proporción o porcentaje de biodiesel utilizado en la mezcla.

El biodiesel es definido por la ASTM (American Society for Testing and Materials) como un combustible conformado por monoalquilésteres de ácidos grasos de cadena larga derivado de aceites vegetales o grasas animales. En los últimos treinta años este biocombustible ha tenido un auge en su utilización sobre el diésel fósil tradicional debido a los problemas de encarecimiento y contaminación que genera este último.

El biodiesel metílico es llamado FAME (Fatty acid methyl ester), está hecho mediante la transesterificación, un proceso químico que reacciona el aceite con el metanol e hidróxido de potasio o de sodio como catalizador. (Meng et al. 2011).

El método más extendido para producir monoalquilésteres a partir de las grasas y aceites de origen natural, es la reacción de transesterificación, la cual consiste en hacer reaccionar los triglicéridos de las grasas y aceites naturales con un



alcohol, y producir ésteres lineales de bajo peso molecular; estos nuevos ésteres presentan propiedades físicas muy similares al combustible diésel fósil. A nivel industrial el alcohol más utilizado para la transesterificación de los triglicéridos es el metanol, pero puede darse también con otros alcoholes lineales (etanol, propanol, butanol, etc.) y obtener resultados similares. Un subproducto de la reacción de transesterificación es el glicerol, un alcohol ramificado de gran utilización a nivel industrial.

Consideramos al aceite de colza como una materia prima promisoriosa para la producción de biodiesel a nivel nacional.

Parámetro	Unidad	Límites		Métodos de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Grupo I				
Contenido de ésteres	%m/m	96,5	-	EN 14103
Ester metílico de ácido linoléico	%m/m	-	12	EN 14103
Densidad a 15°C	kg/m ³	860	900	ASTM D-1298
Viscosidad cinemática a 40°C	cSt	3,5	5	ASTM D-445
Punto de inflamación	°C	120	-	ASTM D-93
Contenido de azufre	%m/m	-	0,001	ASTM D-5453
Glicerina libre	%m/m	-	0,02	ASTM D-6584
Glicerina total	%m/m	-	0,25	ASTM D-6584
Índice de acidez	mg KOH/g	-	0,5	ASTM D-664
Estabilidad a la oxidación 110 °C	horas	6	-	EN 14112
Índice de Iodo	g I ₂ /100g	-	Informar	EN 14111
Punto de Enturbiamiento	°C	-	Informar	ASTM D-2500
Cenizas sulfatadas	%m/m	-	0,02	ISO 3987



Grupo II				
Metales Grupo I (Na + K)	mg/kg	-	5	EN 14538
Metales Grupo II (Ca + Mg)	mg/kg	-	5	EN 14538
Contaminación total	mg/kg	-	24	EN 12662
Residuo Carbonoso	%m/m	-	0,05	ASTM D-4530
Cenizas sulfatadas	%m/m	-	0,02	ISO 3987
Fósforo	%m/m	-	0,001	ASTM D-4951/ICP
Número de cetanos		45	-	ASTM D-613

Las plantas elaboradoras de biodiesel deberán estar habilitadas como tal ante Ministerio de Energía y Minería, cumpliendo con las especificaciones que hemos mencionado.

Las Normas "ASTM o EN" a utilizar en los métodos de ensayo para analizar el biodiesel se actualizarán automáticamente por las respectivas normas que las sustituyan o mejoren su precisión y sensibilidad.

A continuación comentamos algunas características para que este biodiesel sea apto: El **contenido en agua** es un parámetro que depende únicamente del proceso de producción. En el motor un exceso de agua puede dar problemas de corrosión además de crecimientos bacteriológicos y obstrucción de filtros.

La **acidez** depende de la materia prima y del proceso de producción, altos índices provocan un aumento de la corrosión y aumento de la velocidad de degradación del biodiesel.



El **contenido en metanol** depende únicamente del proceso productivo. Un alto índice de metanol provocará una baja temperatura de inflamación y corrosión de piezas de aluminio y Zinc.

El **contenido en mono y diglicéridos** depende únicamente del proceso de transesterificación, un alto índice indica reacción incompleta ya que son restos de aceite. Estos cristalizarán fácilmente creando depósitos. Los triglicéridos provocan viscosidad elevada y depósitos.

El **contenido en glicerol** depende del proceso de transesterificación, si existen contenidos de glicerol en el biodiesel, producirá un aumento de emisiones de aldehídos.

A continuación se detalla las propiedades del diésel del petróleo y el biodiesel proveniente del aceite de colza.

Propiedades	Unidades	Diésel de petróleo	Aceite Colza	Biodiesel colza
Densidad específica	Kg/dm ³	0,832	0,0916	0,88
Viscosidad a 20°C	cSt	5,1	77,8	7,5
Viscosidad a 50°C	cSt	2,6	25,7	3,8
PCS	kcal/l	9,216	8,928	-
PCI	kcal/l	8,496	8,232	7,944
Numero de cetanos		>45	44-51	52-56
Residuo carbonoso	%	0,15	0,25	0,02
Azufre	%	0,005	0,002	0,001

*PCS/PCI Poder Calorífico Superior e Inferior



El biodiesel a partir de colza presenta especificaciones que cumplen con las normas establecidas por las normas ATSM que son las exigidas por la ley.

4.1 INCENTIVO AL USO DEL BIODIESEL

En los puntos precedentes describiremos las ventajas del biocombustible, poniéndole énfasis a los dichos otorgados por la Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca.

4.1.1 PROPIEDADES DEL BIODIESEL

- Su producción es renovable.
- Su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles.
- Cumple con los requisitos de la Environmental Protection Agency (EPA) para los combustibles alternativos.
- Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción.
- Presenta trazas de azufre y por ende no genera emanaciones de este elemento, las cuales son responsables de las lluvias ácidas.
- Mejor combustión, que reduce el humo visible en el arranque en un 30%.
- Cualquiera de sus mezclas reduce en proporción equivalente a su contenido, las emanaciones de CO₂, CO, partículas e



hidrocarburos aromáticos. Dichas reducciones están en el orden del 15% para los hidrocarburos, del 18% para las partículas en suspensión, del 10% para el óxido de carbono y del 45% para el dióxido de carbono. Estos indicadores se mejoran notablemente si se adiciona un catalizador.

- Los derrames de este combustible en las aguas de ríos y mares resultan menos contaminantes y letales para la flora y fauna marina que los combustibles fósiles.
- Su combustión genera menos elementos nocivos que los combustibles tradicionales reduciendo las posibilidades de producir cáncer.
- Es menos irritante para la epidermis humana.
- Actúa como lubricante de los motores prolongando su vida útil.
- Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petroderivados ya que posee un punto de ignición más elevado. El biodiesel puro posee un punto de ignición de 148°C contra los escasos 51°C del gasoil.



4.1.2 ASPECTOS PRINCIPALES DEL PLAN DE COMPETITIVIDAD

- Se declara de interés nacional la producción y comercialización de biodiesel para su uso como combustible puro, como base para mezcla con gasoil o como aditivo del mismo.
- Se establece una exención del Impuesto a la Transferencia de los Combustibles (ITC= \$0,15/lit para el gasoil) al biodiesel por 10 años.
- A los efectos del Impuesto a las Ganancias, se establece un régimen de amortización acelerada para nuevas inversiones destinadas al almacenamiento de biodiesel que se practicará en DOS (2) ejercicios, 40% en el primer ejercicio fiscal y el 60% restante en el ejercicio fiscal siguiente.
- Las firmas que desarrollen actividades de producción de biodiesel estarán exentas del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta a partir del 1º de enero de 2002.
- Invitación a las provincias a adherirse al presente régimen del decreto. La adhesión deberá estar acompañada del compromiso de eximir, por un plazo de DIEZ (10) años, a los productores, almacenadores y comercializadores, de por lo menos los siguientes impuestos: a) Impuesto a los Ingresos Brutos a la industrialización y a las ventas. b) Impuesto de Sellos. c) Impuesto inmobiliario sobre los inmuebles donde operan las facilidades de producción y almacenaje.



- Otras razones que hace atractivo este sector y que el gobierno declara prioritarias
- Reactivación de las economías regionales producto del incremento del área destinada a cultivos oleaginosos (soja, maní, colza, palma, lino, nabo, girasol) y la generación de puestos de trabajo. La posibilidad de autoabastecimiento de combustible de estas economías es otra ventaja derivada de la promoción y difusión del biodiesel. En relación a las zonas áridas marginales, la posibilidad del desarrollo comercial de nuevos cultivos oleaginosos puede generar un alto impacto en estas economías.
- El biodiesel podría representar la duplicación de la producción argentina de soja en 3 años, mediante la "sustitución de la importación de gasoil" por el biodiesel. Cabe destacar que en el año 2000, Argentina importó gasoil por un monto de U\$S 141.574.709 (Ministerio de Energía y Minería).
- Disminuir las emisiones de (CO₂) a la atmósfera, principal causa del efecto invernadero que produce el calentamiento global, como así también disminuir las emisiones de azufre y componentes aromáticos cancerígenos.
- Existencia de subproductos con valor comercial: glicerina y fertilizante a base de potasio, cuando se utiliza hidróxido de potasio como catalizador en la reacción de producción del biodiesel.



- En el largo plazo los petro-combustibles se agotarán, mientras que en un plazo intermedio los precios de los mismos tenderán al alza. Estos deberán ser sustituidos por combustibles que se adapten al parque automotor diésel, siendo el biodiesel renovable y apto para ello.

4.1.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La problemática ambiental figura como uno de los temas de agenda para todos los países del mundo. En los últimos años, las negociaciones sobre cambio climático han ocupado un lugar cada vez mayor en el escenario internacional. La respuesta inicial para combatir el cambio climático comenzó en la Convención de Río de 1992, con la adopción de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). El objetivo de la CMNUCC es “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. La República Argentina ratificó la CMNUCC el 11 de marzo de 1994 a través de la ley 24.295, en cuyo Artículo 1 define al cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. En el marco de la CMUNCC, se llevan adelante los espacios para debatir sobre los planes de acción para alcanzar los objetivos, estas reuniones

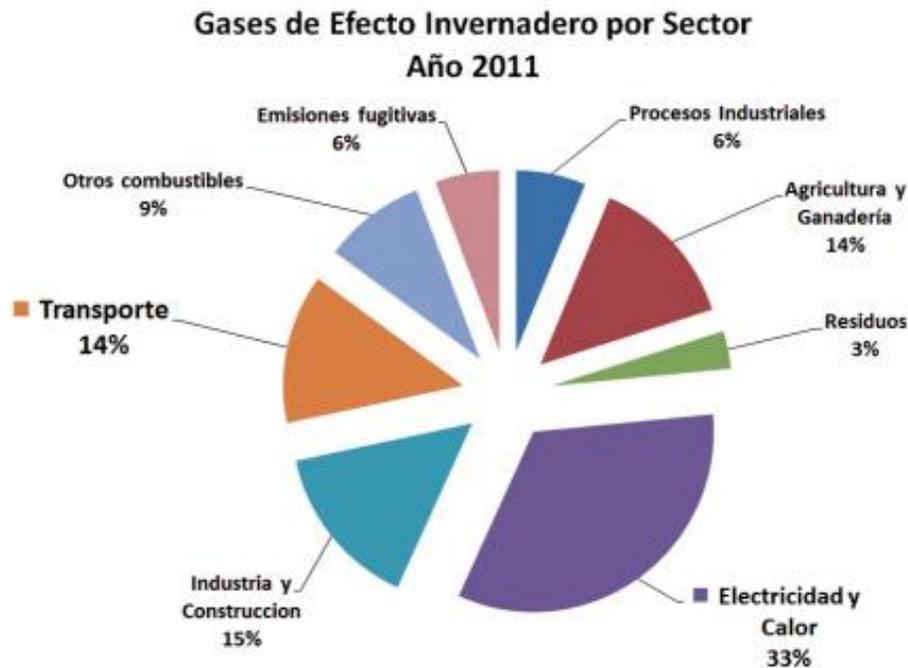


se denominan “Conferencia de las partes” (COP), y se desarrollan una vez por año. En estos momentos, en el marco de la llamada Plataforma de Durban se está negociando un Acuerdo Vinculante entre otras cosas para controlar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Se espera que en la COP de París 2015 se materialicen el acuerdo con vistas a iniciar el mismo para el año 2020.

Las emisiones totales de cada país son calculadas mediante una metodología pre acordada llamadas “Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) que permite una cuantificación del total emitido así como detectar los sectores con mayor impacto dentro de la economía. Si se analizan las emisiones a nivel mundial para el año 2011, se puede observar que el Sector Energía contribuye con el 77% del total. Si se desagregan los sub-sectores de Energía, el Transporte contribuye con un 14%, mientras que la generación de Electricidad y Calor un 33% sobre el total.

(Estudio realizado por el IPCC)



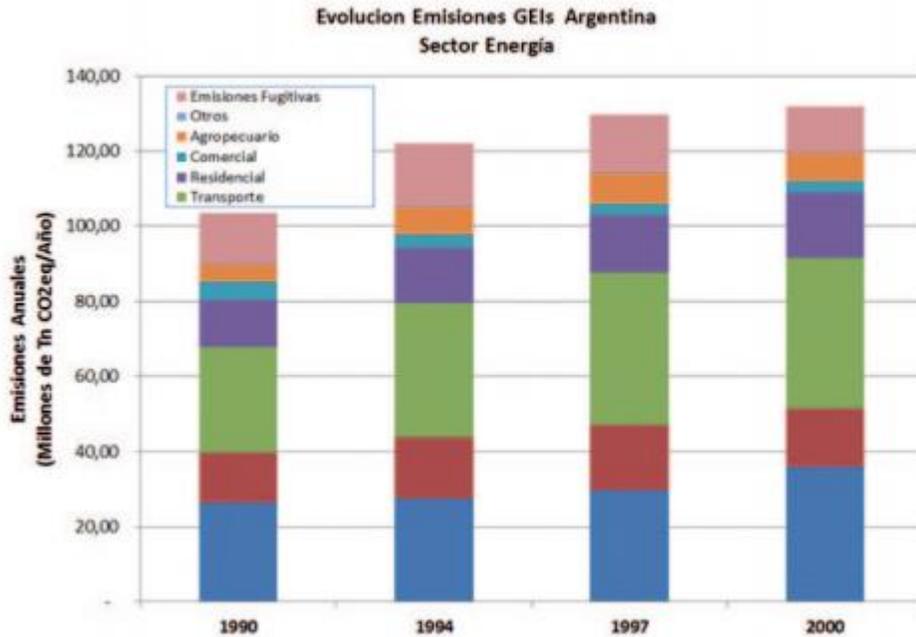
Emisiones de GEIs- Año 2011. Fuente: Climate Analysis Indicators Tool (CAIT 2.0) WRI's climate data explorer. (<http://cait2.wri.org/>)

La República Argentina ha realizado cuatro inventarios de GEIs correspondientes a los años 1990, 1994, 1997 y 2000, utilizando la metodología recomendada por el IPCC. Las emisiones de GEIs correspondientes al año 2000 sin incluir el sector Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura (CUSS), fueron de 282.001 Gg de CO₂eq. Desde el punto de vista de las emisiones sectoriales, Energía aporta el 46,8%, Agricultura y Ganadería 44,3%, Residuos 5,0% y el restante 3,9% corresponde a Procesos Industriales. Al momento de la publicación del presente estudio la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable se encuentra realizando la Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático, en el marco de la cual se actualizará la información oficial sobre emisiones de la Argentina (Inventarios al año 2010 y 2012). La producción y consumo de energía



es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs), con un total de 132 millones de toneladas de CO₂ equivalente de emisiones de GEIs para el año 2000. La misma resulta esencial para sostener la industria, las infraestructuras, para conectar bienes, personas y servicios hacia mercados, y suministrar servicios básicos como la calefacción y la iluminación. Es fundamental para prácticamente todos los aspectos del bienestar humano, como el acceso al agua, la productividad agrícola, la atención de la salud, la educación, la creación de empleo y la sostenibilidad ambiental.

Específicamente, en el sector energético se observa que el 30% de las emisiones proviene del sector transporte, seguido por la generación de electricidad con el 27%, el sector residencial con el 13% y la industria manufacturera con el 12%. Entre los principales emisores de CO₂ equivalente se encuentra la combustión de hidrocarburos fósiles en las actividades de generación de energía, el transporte y el agro, y de las emisiones fugitivas de metano asociadas con los procesos de extracción de petróleo y gas.

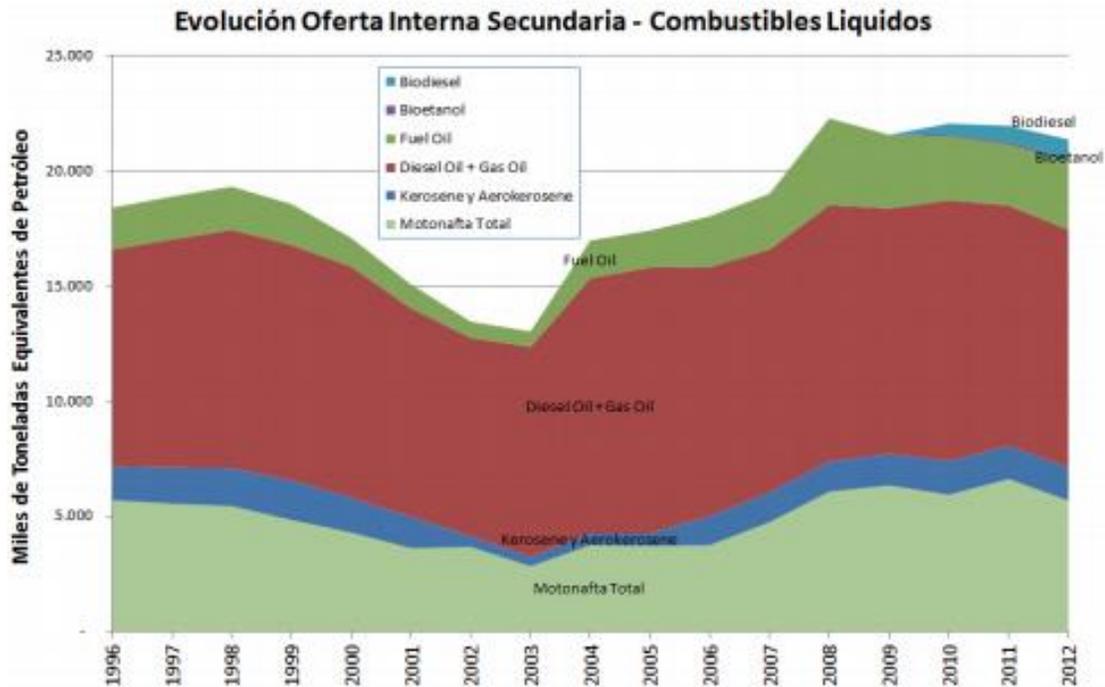


Evolución Emisiones de GEIs Argentina – Sector Energía. Fuente: Segunda Comunicación Nacional Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

<http://www.ambiente.gob.ar/?idarticulo=1124>

Indudablemente el transporte de personas y bienes tiene una importancia significativa, es por ello que nuestro proyecto trata de atender a este rubro. Este sector también está implícito en la producción de otros bienes que demanden su traslado o intervención de vehículos y maquinaria en su producción como es el caso del sector agropecuario.

En la siguiente figura se puede observar la evolución de la oferta de combustibles secundarios líquidos de los últimos años:

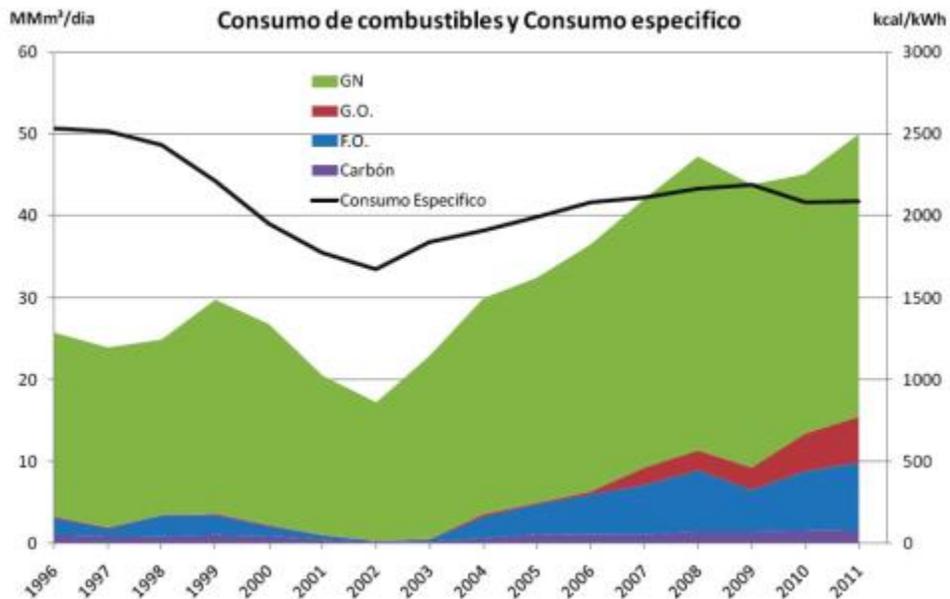


Evolución Oferta Interna de Combustibles Líquidos. Fuente: Balance Energético Nacional – Secretaria de Energía -

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>

Durante los últimos años con el incremento del uso de fósiles líquidos y el empleo de fuentes de generación de menor eficiencia los valores de incidencia del sector energía han subido.

En la siguiente figura puede constatar la creciente participación de los combustibles líquidos en el parque de generación eléctrico argentino. Combustibles empleados la generación eléctrica en la Argentina Fuente CAMMESA



Este fenómeno también repercute en el nivel de emisiones, empeorando los niveles de referencia que se emplean luego en el cálculo de la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero de cualquier producto que en su proceso emplee energía eléctrica del sistema argentino.

Indudablemente esto traerá aparejado cambios en las emisiones del país que se verán reflejadas en la actual comunicación en proceso de elaboración. Como estrategia mundial en los últimos años se ha buscado la reducción del impacto del sector transporte actuando sobre los combustibles que se emplean.

Los biocombustibles a nivel global han sido promovidos en los últimos años atendiendo a una serie de ventajas desde el punto de vista ambiental así como a razones estratégicas de seguridad energética de cada país.



La Argentina se ha constituido como uno de los países líderes en la producción uso y comercialización de biodiesel a nivel mundial. Un punto llamativo en torno al biodiesel, es el espectacular crecimiento de la capacidad productiva de la Argentina. Los documentos emanados de la Secretaría de Energía de la Nación, brindan información respecto a la capacidad instalada así como la producción ofrecida tanto al mercado interno como el remanente para ser exportado.

Los cupos para el mercado interno son determinados mensualmente sí como los precios de referencia que se pagan a los proveedores que en el caso del biodiesel se segmentan por capacidad de producción. En todos los casos se le ha dado prioridad a las plantas regionales y de menor tamaño con la idea de fomentar un desarrollo distribuido en diferentes regiones del país, nuestro proyecto tendrá un alcance de pymes.



5. CATALIZADOR

Los catalizadores son una clase de sustancias que generan cambios químicos en el desarrollo de una reacción sin que este no sufra cambios durante el proceso de la reacción. Como la reacción (transesterificación) de producción del biodiesel es lenta y es necesario emplear un catalizador que permita aumentar la velocidad de la reacción entre los reactantes. Entre los catalizadores que se pueden emplear para este proceso se tiene: homogéneos básicos o ácidos, enzimáticos y heterogéneos².

- **Catalizadores básicos o alcalinos**

A nivel industrial los catalizadores más usados son los básicos ya que permiten alcanzar velocidades de reacción altas y se puede operar la reacción bajo condiciones moderadas de presión y temperatura.

- **Catalizadores ácidos**



La transesterificación usando ácidos como catalizadores es uno de los métodos convencionales para producir biodiesel. De este tipo de catalizadores, el ácido sulfúrico ha sido el más utilizado como catalizador cuando se trabaja con aceites cuyo contenido de ácidos grasos libres (AGL) es alto . A pesar de las ventajas de este catalizador se resalta que la reacción es bastante lenta³.

- **Catalizador enzimáticos**

Recientemente muchos investigadores han mostrado interés por el estudio de la transesterificación usando catalizadores enzimáticos, la ventaja de este tipo de catalizadores es que favorecen al medio ambiente, es decir la reacción se efectúa entre un 20 a 30 °C⁴, se pueden reutilizar las enzimas se inmovilizan sobre soportes, requieren menos procesos de purificación que con los catalizadores básicos ya que genera productos más limpios. Por otro lado las desventajas técnicas del uso de enzimas es que las velocidades de reacción son bajas además que las enzimas sufren inactivación ante la presencia de glicerina y alcohol.

- **Catalizadores Heterogéneos**

Los catalizadores heterogéneos son aquellos que se encuentran en una fase diferente a la de los reactantes .Actualmente se han probado catalizadores heterogéneos cuya fase activa son: óxidos metálicos principalmente soportados sobre alúminas y silicatos.

La mayor ventajas de estos catalizadores es que se pueden reutilizar y a diferencia de las enzimas son más estables, es decir se pueden regenerar un mayor número de veces, mientras que por otro lado uno de los mayores problemas de estos catalizadores está asociado a la transferencia de masa



debido a que forma una tercera fase distinta a los reactantes, como solución a este inconveniente algunos hexanos como co-solventes para promover la miscibilidad de las fases. En adición a esta dificultad también se suman los requerimientos de altas temperaturas y presiones a las razones por las cuales este tipo de catalizadores no han podido ser implementados a nivel industrial.

Catalizador ⁶	Condiciones de reacción				Rendimiento	Observación	Referencias
	Temperatura °C	Tipo de alcohol (relación molar alcohol/aceite)	Catalizador %peso	Tipo de reacción en hs.			
CATALIZADOR BÁSICO HOMOGÉNEO							
NaOH	60	MeOH(7:1)	1,1	0.33	88,8%	El exceso de catalizador utilizado produjo formación de jabón	Leung y Guo - 2006
KOH	87	MeOH(9:1)	6	2	87%	-	Demirbas-2009
CATALIZADOR ÁCIDO HOMOGÉNEO							
H ₂ SO ₄	95	MeOH(20:1)	4	20	CONVERSION >90%	-	Wang et al.2006
H ₂ SO ₄	70	MeOH(24:1)	41,8	4	99%	-	Zheng et al 2006
H ₂ SO ₄	65	MeOH(30:1)	1	69	CONVERSION =99%	-	Freedman et al 1984
CATALIZADOR BÁSICO HETEROGÉNEO							
CaO	65	MeOH(12:1)	0,85	1	66%	Se detectó jabón de calcio	Kouzu et al2008



K_3PO_4	60	MeOH(6:1)	4	2	97.3%	-	Guan et al,2009
CATALIZADOR ACIDO HETEROGENEO							
WO_3/ZrO_2	75	MeOH(19:1)	No se especifica	20	85%	-	Park et al.2008
Zeolita	460	MeOH(6:1)	No se especifica	0.37	26.6%	-	Brito et al.2007
$SO_4/TiO_2.SiO_2$	200	MeOH(9:1)	3	4	90%	-	Peng et al 2008
$SO_4/SnO_2.SiO_2$	150	MeOH(15:1)	3	3	92.3%	-	Lam et al 2009
CATALIZADOR ENZIMATICO							
Candida antartica(No vozym435)	30	MeOH(3:1)	4	50	90.4%	Metanólisis lote de tres pasos	Watana be et al 2001
Bacilus	40	MeOH(1:1)	3	72	90%	El metanol se añadió a dos etapas	Ying y Chen 2007
Rhizopus oryzae	40	MeOH(4:1)	30	30	88%	El metanol se añadió a tres etapas	Chen el al 2009

Tabla 6.-Reactivos Catalizadores

De las cinco subdivisiones de catalizadores que muestra la tabla anterior, se seleccionaron los catalizadores homogéneos debido a que actualmente el biodiesel se produce con catálisis homogénea. Los catalizadores alcalinos empleados son NaOH o KOH. Estos catalizadores se utilizan en la industria debido a varias razones.

- El empleo de hidróxidos tiene una mayor utilización debido a que son menos corrosivos, más económicos y presenta un



rendimiento económico muy eficiente (87-89%) en comparación a otros catalizadores.

- Los costos de los catalizadores básicos son relativamente bajos, debido a que no tienen complejos procesos de producción, además que las materias primas son de fácil obtención permitiendo una buena disponibilidad de estos catalizadores. Para realizar una buena valoración de los costos de NaOH y KOH se encontró que el primero es más económico que el segundo.
- En las condiciones de reacción tienen, unas características apropiadas, debido a que cataliza la reacción a bajas temperaturas (60°C) y a la presión atmosféricas; esta condición se ve reflejada en los costos energéticos del proceso debido a que la temperatura que se emplea debe ser menor que el punto de ebullición del alcohol, ya que se evapora y disminuiría la reacción de interfaces alcohol/aceite/biodiesel.⁷

5.1 ELECCIÓN DEL CATALIZADOR

Como hemos comentado anteriormente la reacción se acelera, pero en medio alcalino la reacción se acelera 4000 veces más que con la presencia de un catalizador ácido. La concentración debe encontrarse entre 0,4% y 2% del total de aceite, y según los resultados que se exponen en los estudios del INTA se consiguen con una concentración del 1%. Para decidirnos consultamos un estudio realizado por la Universidad de Cuyo que estudia un proceso de



transesterificación a 65°C con relación molar Metanol/Aceite Colza 6:1 y 1% de p/p de catalizador.

CATALIZADOR	RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN	% DE SAPONIFICACIÓN
NaOH	90.1%	3.46%
KOH	85.2%	5.65%
CH ₃ ONa	98.64%	0,04%
CH ₃ OK	97.2%	0,13%

Tabla 5.1 Reactivos Rend. vs % Saponificación

Finalmente, nuestra elección es utilizar un 1% de NaOH debido a su mayor rendimiento y menor saponificación, ya que el resto de los compuestos son más difícil de encontrar y más caros.

5.2 FRACCIÓN MOLAR DE ALCOHOL EN ACEITE

El ratio estequiométrico para la transesterificación requiere tres moles de alcohol y un mol de triglicérido para dar tres moles de éster y uno de glicerina; sin embargo, la transesterificación es una reacción en equilibrio en la cual es necesario un exceso de alcohol para llevar la reacción hacia el lado de los productos, por ello la **conversión usual se realiza de 6:1**, que es la primera para la que se consigue una reacción completa. Sin embargo, algunos estudios como el de Leevijit⁸ sugiere que los mejores resultados se consiguen para rangos mayores, entre 9:1 y 12:1.

5.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE REACCIÓN



Lógicamente, el tiempo de reacción incrementa la conversión. Por otra parte, la temperatura es otro factor que determina la rapidez de conversión. Según expone Darkono y Cheryan⁹ estudiaron diferentes temperaturas de proceso y refieren los siguientes resultados:

TEMPERATURA	1 min	6 min	60 min
60 °C	80%	94%	<98%
45 °C	--	87%	87%
32 °C	--	64%	<64%

Tabla 6.3 Efectos de la Temperatura

Es por ello que utilizaremos la temperatura de 60°C a tiempos de realización de 60 min.

5.4 REACCIONES DEL CATALIZADOR

La utilización de un álcali como catalizador implica que el aceite y el alcohol **no tengan agua (<0,06% v/v)** para evitar que se produzca la saponificación. Además el contenido en AGL es un parámetro limitante, ya que el contenido máximo debe ser 2%, siendo recomendable que sea inferior al 1%, como hemos mencionado anteriormente. Esto se debe a que los AGL se neutralizan con el catalizador.

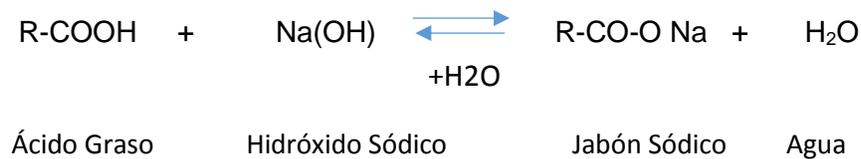
A continuación, se exponen dos reacciones que interesa conocer en este proceso:

5.4.1 REACCION DE NEUTRALIZACIÓN DE ACIDOS GRASOS LIBRES (AGL)



Los AGL presentes en el aceite vegetal pueden reaccionar con el catalizador básico en presencia de agua, dando lugar a una reacción indeseable que produce jabón. Esta reacción se considera indeseable porque consume parte del catalizador alimentado. Además, el exceso del jabón influye en etapas posteriores en el proceso de producción de biodiesel, como pueden ser la separación del éster y de la glicerina y durante el lavado del éster. Estos jabones tienen a solidificarse a temperatura ambiente, así que una mezcla de producto con exceso de jabón puede malificar y formar una masa media sólida difícil de eliminar.

La reacción de neutralización se muestra en la **reacción 5.4.1**



Para solucionar este problema se tienen dos posibilidades. La primera consiste en dejar ocurrir la reacción para luego recuperar los jabones. La segunda opción tiene por objeto evitar que se produzca la neutralización de los AGL, para ello es necesario eliminarlos mediante una esterificación básica previa, este proceso transforma los AGL en ésteres y es el proceso que escogeremos.

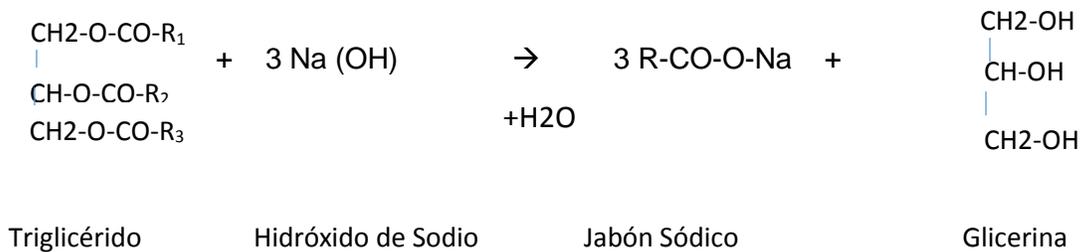


5.4.2 REACCIÓN DE SAPONIFICACIÓN

Esta reacción se produce en presencia de agua y a altas temperaturas, el triglicérido reacciona con el catalizador básico, consumiéndolo y dando lugar a la formación de jabones.

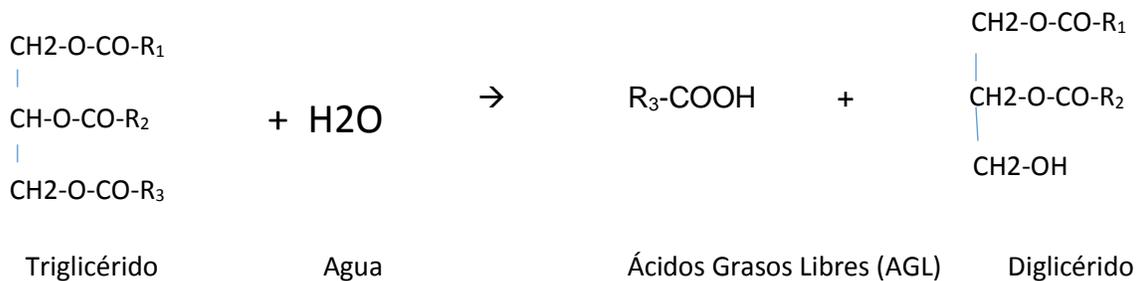
Esta reacción puede verse en la **reacción 5.4.2**

Reacción de saponificación de triglicéridos:



Este fenómeno se explica por la formación intermedia de AGL que ocurre en presencia de agua. A altas temperaturas el agua puede hidrolizar el triglicérido en diglicérido y formar un AGL. Estos AGL forman jabones con catalizador básico debido a la reacción de neutralización.

La reacción de hidrolisis puede verse en la **reacción 5.4.3**



Para evitar esta reacción indeseable es necesario tener precaución con las condiciones de operación, especialmente con la temperatura y con la cantidad de catalizador básico, para reducir al máximo la saponificación. Se debe utilizar



aceites y alcoholes esencialmente anhidros ya que el agua favorece la formación de jabones por saponificación. Por tanto, los aceites con alto valores de humedad deberán tratarse para eliminar el agua mediante evaporización.

5.5 ASPECTOS DE SEGURIDAD –CATALIZADOR

La seguridad industrial de la manipulación del hidróxido de sodio establece que el compuesto puede causar quemaduras muy severas causado por la ingestión y contacto, condiciones de muy alta peligrosidad ya que puede generar daños permanentes; aspecto que puede afectar en gran medida los ojos y la piel debido a la manipulación de este producto durante el proceso, además este producto es de alta toxicidad inhalado afectando las vías respiratorias. Al igual que el NaOH, el hidróxido de potasio es un producto químico de un alto cuidado porque la manipulación puede desprender polvo o niebla el cual puede ser inhalado causando quemaduras en el tabique y las membranas mucosas.

Estos factores dependen de la concentración y duración de la exposición; pero al tener un contacto directo con la piel y los ojos puede causar una destrucción severa y quemaduras u ulceraciones. Por último estos compuestos son muy corrosivos a la vez que absorben rápidamente el agua a partir del aire y el contacto con la humedad, esto puede producir liberación de calor. Estos aspectos que son de gran importancia en el caso de la manipulación de los hidróxidos, se les debe prestar una alta atención en la selección y utilización de los elementos de protección personal. Dentro de estos elementos se cuenta con gafas con



protección lateral, guantes, overol de PVC, botas de caucho y respiradores con filtro.

Basado en las razones mencionadas anteriormente el catalizador seleccionado es hidróxido de sodio debido a que obtiene fácil, la velocidad de reacción es muy rápida para el proceso de transesterificación, además que para el proceso de la reacción no requiere de unas grandes condiciones y a su vez una energía menos intensiva con una mayor condición de eficiencia del proceso según los datos de la tabla 6, por otro lado es uno de los catalizadores más utilizados a nivel industrial, económico y con una buena disponibilidad en el mercado.

Ficha de identificación del tanque (Tk) de almacenamiento del NaOH

80
1823

Proveedor de Metanol: LADCO (Pcia. Buenos Aires) los costes de la materia prima serán prorrateados en el estudio económico de manera anual.

La ficha técnica y de seguridad se encuentra en los anexos de nuestras materias primas anexo F.



6. SUBPRODUCTOS

6.1 GLICERINA

En la producción de biodiesel se obtiene como sub producto glicerina.

La glicerina o glicerol (Propanotriol) se encuentra en estado puro es un líquido incoloro, inodoro, viscoso y no tóxico, con un sabor muy dulce y tiene, diversos usos.

La glicerina procedente del proceso de transesterificación de aceite de colza es normalmente de color marrón oscuro debido a que contiene la mayor parte de sustancias que no son transesterificables.

La **recuperación de la glicerina** en el proceso de transesterificación es importante, debido a sus varios usos industriales (Detergentes, Química fina, Tabaco, Materiales plásticos, Productos farmacéuticos, Cosmética, Explosivos, Alimentación), respecto de nuestro proyecto la glicerina será técnica.

La glicerina se obtiene en el proceso de transesterificación y es separada fácilmente del éster mediante **decantación**, requiriéndose antes de su utilización



un proceso de purificación para conseguir la calidad adecuada a su futura aplicación.

Este sub producto es una sustancia versátil que, debido a su combinación única en propiedades físicas y químicas, posee más de 1500 usos finales. Sus características la destacan como un componente muy estable bajo las condiciones típicas de almacenamiento, no es irritante, tiene un bajo grado de toxicidad sobre el medio ambiente y, además, es compatible con muchos otros productos químicos.

La purificación de la glicerina en nuestro proyecto es fundamental ya que los precios de la glicerina refinada han permanecido casi sin cambios durante los últimos años, mientras que la saturación del mercado con glicerina cruda ha hecho caer vertiginosamente sus precios. Por esto, últimamente han estado aumentando los usos alternativos para la glicerina cruda y la capacidad para refinarla, siendo ésta la glicerina técnica.

Se están desarrollando usos alternativos para este abundante biomaterial. Una vez comercializadas estas tecnologías, se aumentaría el potencial para mejorar la economía de la producción del biodiesel. Estos proyectos van desde la producción de etanol a partir de glicerina cruda, hasta el análisis del valor nutritivo de la glicerina en la alimentación del ganado.

Diferentes revisiones sobre las rutas de transformación de glicerol han mostrado la importancia comercial de la glicerina y su potencial como posible materia prima para sintetizar componentes de valor agregado como son los obtenidos



por oxidación, hidrogenólisis, eterificación, pirólisis y gasificación, así como las rutas de transformación biotecnológica.

Las aplicaciones comerciales tradicionales del glicerol están relacionadas con su uso como aditivo o como material crudo, en productos alimenticios, tabaco, fármacos, para la síntesis de trinitroglicerina, resinas alquídicas y poliuretanos.

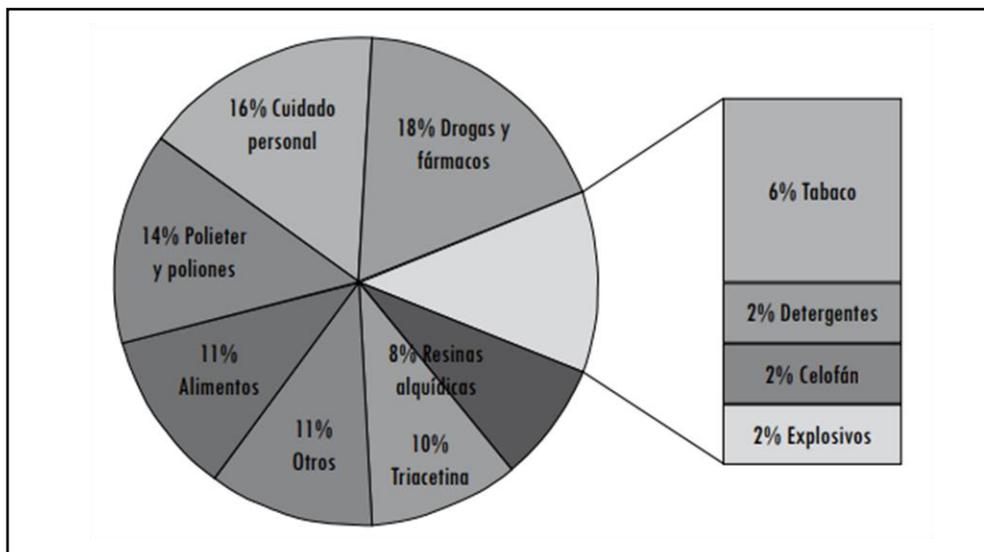


Gráfico 6.1 – Usos de la Glicerina

6.1.2 CONDICIONES DE PRODUCTIVIDAD

Como se ha comentado en capítulos previos, en Argentina se sancionó el 19 de abril del 2006 la Ley 26.093 donde establecía las mezclas pertinentes de biocombustible.

La glicerina cruda proveniente del proceso de transesterificación para obtención de biodiesel, se someterá a procesos de refinación con el fin de usarse para la **industria de la pintura**, se obtiene aproximadamente un 14 % en relación con



la obtención del biodiesel, en los capítulos precedentes haremos la justificación correspondiente.

6.1.3 EVOLUCIÓN DE LA GLICERINA

La glicerina ($C_3H_8O_3$) fue descubierta por el químico inglés Claude Joseph Geoffroy en 1741. En 1783, el químico sueco Carl Wilhelm Scheele hirvió aceite de oliva con óxido de plomo (litargirio) produciendo una solución dulce que, al lavarla con agua, llamó Ölsüss (glicerina). Esta reacción es la que ocurre en el actual proceso de fabricación de jabón. Wilhelm Scheele fue quien formalizó el descubrimiento de que las grasas y aceites naturales contienen glicerina. Recibió de Chevreul el nombre de glicerina (del griego glykeros, dulce). Berthelot demostró, en 1854, que era un alcohol trihidroxilado y su fórmula estructural le fue asignada por Wurtz en 1855. En 1846, Sobrero produjo por primera vez la nitroglicerina explosiva, y en 1868 Nobel proporcionó una manera segura de manejarla como dinamita, al producir su absorción en diatomita.

Estos descubrimientos aumentaron la demanda de glicerina que en parte se compensó por el desarrollo en 1870 de un método para recuperar glicerina y sal a partir de la lejía.

En términos simples, el jabón se produce mediante la mezcla de grasas y lejía (solución de hidróxido de sodio o potasio). Las grasas ya contienen glicerina como parte de su composición química (tanto las grasas



animales como las vegetales contienen de un 7 a un 13% de glicerina). Cuando las grasas y la lejía interactúan se forma el jabón y la glicerina se desprende como un subproducto. Hasta 1948 la glicerina se obtenía, casi exclusivamente, como subproducto de la fabricación de jabón y su precio variaba en forma significativa. En 1939 se vendía a 0.264 dólares/Kg y en 1946 a 1.65 dólares/Kg. Se han desarrollado muchos procesos sintéticos para fabricar glicerol, pero hasta 1948 no se utilizó un proceso en el cual, a partir de cloruro de alilo, se obtuviera alcohol alílico que, tratado con cloro acuoso, producía clorhidrina de glicerol la cual se hidrolizaba fácilmente a glicerol.

En 1962 se terminó de construir una planta para obtener glicerol junto con etilenglicol, por reducción catalítica e hidrogenólisis de hexosas procedentes de melazas y otras fuentes de carbohidratos.

La producción mundial de glicerol en 1964 fue de 131 millones de Kg de los cuales la mitad provenía del producto sintético. Si bien la variedad de usos hizo que su producción alcanzara niveles de importancia, existe abundante cantidad de glicerol en la naturaleza ya que se lo encuentra en forma combinada como triglicéridos en todas las grasas animales y aceites vegetales; esto es, constituye en promedio alrededor del 10% en peso de estas sustancias.

El glicerol es un tri-alcohol que posee dos grupos hidroxilos primarios y uno secundario, los cuales ofrecen diferentes posibilidades de reacción y son la base de la versatilidad de la glicerina como materia prima.



6.1.4 CARACTERIZACIÓN DE LA GLICERINA

Existen distintas calidades de glicerina:

Glicerina cruda: Es el producto contenido en la corriente de salida del proceso de transesterificación (Biodiesel) y contiene una gran cantidad de metanol, agua, jabones y sales. Normalmente tiene un contenido de glicerol entre 10 al 40 %.

Glicerina grado técnico: Es un producto de alta pureza con la mayoría de sus contaminantes completamente removidos. La concentración no debe ser inferior al 98%.

Glicerina USP: Con una concentración del 99,7% es la que cumple con la norma USP (United States Pharmacopeia) y el Food Chemicals Codex (FCC) y por lo tanto es apta para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético.



Fuente: (Posada, Cardona y Cetina, 2009).

Grafico 6.1.4- Tipos de glicerina

Nuestra elección será realizar glicerina de **grado técnico** para la fabricación de diferentes tipos de productos, entre ellos: resinas alquídicas, lacas, pinturas, tintas de impresión y plastificantes.

La glicerina técnica es usada como ingrediente para aplicaciones industriales.



La Glicerina técnica (tech glycerine) no está certificada como USP o FCC pero está en el mercado. Como se indicó, la glicerina se utiliza en muchos productos de consumo, debido a la relativa no toxicidad y a la contribución que realiza en las propiedades del producto como son la estabilidad y compatibilidad hacia otros compuestos químicos. Para estas aplicaciones orientadas a los consumidores, la calidad y pureza de los ingredientes es de vital importancia. El uso de la glicerina certificada USP y FCC, comparado con el de la glicerina de calidad técnica para su aplicación en productos de consumo, garantiza que el fabricante ha especificado la calidad de la glicerina y la coherencia necesaria para estos productos.

El mercado de la glicerina cruda es débil en la medida en que se tengan disponibles grandes existencias de este componente no refinado ya que el problema que tiene la glicerina es que es una sustancia biodegradable, que no se puede almacenar por periodos prolongados de tiempo, cuando se descompone y no es apta para consumo humano, su residuo se dispone incinerándolo, lo cual por su bajo poder calórico y por su alto contenido de impurezas, arde a temperaturas inferiores de 300°C, lo que puede producir humos tóxicos de acroleína que en los seres humanos puede causar ardor en la nariz, la garganta y puede a largo plazo dañar los pulmones.

Una alternativa para generar valor a esta corriente y quizá la más elemental de todas es su refinación en glicerina técnica, es por ello que nuestro proyecto se centra en elevar el valor a la corriente de glicerol, con esto aumentaría el potencial para mejorar la economía de la producción del biodiesel.



Podemos apreciar el siguiente análisis comparativo de las industrias, según los datos Beckmark (compradores).

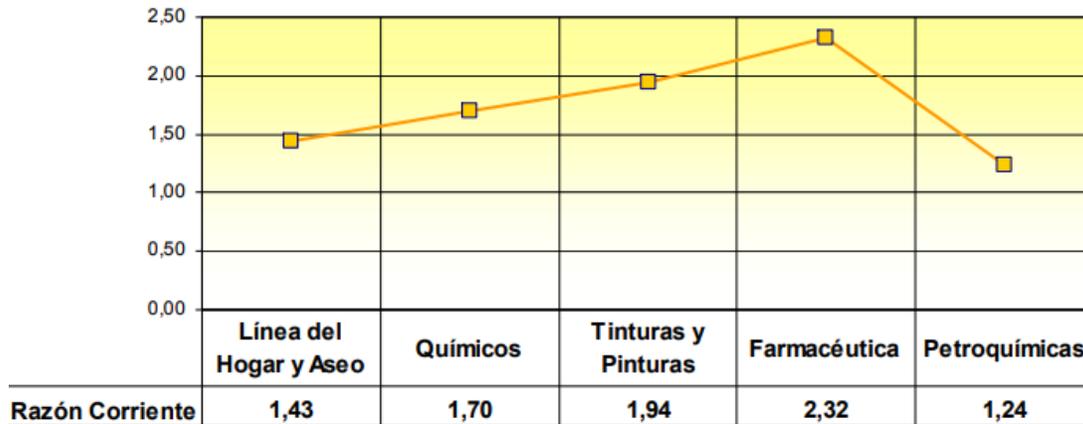


Grafico 6.1.4 a – Análisis comparativo según los Beckmark

Se visualiza que para la corriente que lidera es la farmacéutica el uso es bajo el concepto de glicerina USP. La segunda corriente es la de tinturas y pinturas, por lo cual nuestra elección, será a clientes que fabriquen esta clase de productos.

6.1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS: ESPECIFICACIÓN, MÉTODOS.

La glicerina refinada procesada en este proyecto es un producto de calidad técnica. A continuación detallaremos la especificación correspondiente:



CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	NORMA DE ENSAYO REFERENCIA	LÍMITES ESPC.	
			MÍN.	MÁX.
Glicerol Total	% (m/m)	AOCS Ea 6-51	80	
Densidad Relativa a 20° C	kg/m ³	AOCS Ea 7-95	1,05	1,30
pH	pH	PNT-051	5	6,5
Agua	% (m/m)	AOCS Ea 8-58/PNT-017		15
Metanol	% (m/m)	PNT-034/UNE-EN 14110		0,2
MONG	% (m/m)	PNT-039 / BS5775		2,5
Cenizas Sulfatadas	% (m/m)	PNT-039 /AOCS Ea 2-38		7
Na	% (m/m)	PNT-039/ AOCS Ea 2-38		2,7

Nota 1: El valor típico es un promedio del parámetro de los últimos 12 meses de producción.

Nota 2: MONG: Materia Orgánica No Glicerinososa.

Tabla 6.1.5- Propiedades químicas y físicas

Ficha de identificación del tanque (Tk) de almacenamiento de glicerina



La ficha técnica y de seguridad se encuentra en los anexos categoría: sub producto anexo G.



6.1.6 INDUSTRIA DE LA PINTURA

La pintura en base a resinas químicas sintéticas, son llamadas esmaltes sintéticos. Estas ofrecen gran resistencia y durabilidad.

Las resinas alquídicas son productos fabricados mediante la **glicerina** y el ácido ftálico, que con la incorporación de ácidos grasos procedentes de diferentes aceites vegetales secantes, proporciona productos aceitosos, solubles en los disolventes y diluyentes propios de las pinturas y barnices convencionales; sus ventajas con respecto a las pinturas al aceite las ha desplazado casi por completo. Tiene buena resistencia a la intemperie, tanto sobre madera como sobre metal. Si su uso ha de ser preferentemente sobre madera, se formulan las resinas con un 60% al 70% de aceite. Si su uso es sobre metal, en general su porcentaje de aceite será del 50% al 70%. Por debajo del 50% de aceite, se emplea casi exclusivamente como pintura industrial aplicada en taller, obteniéndose por este procedimiento una gran dureza. Por sí solas, las resinas alquídicas tienen una gran dureza, excelente brillo y adherencia, y bastante buena resistencia a los agentes químicos y a la intemperie. Al combinarse con aceites adquieren flexibilidad y brochabilidad, en mayor o menor grado según su proporción.

6.2. RECUPERACIÓN DE METANOL

La recuperación del metanol es una de las partes más importantes del proceso de producción del biodiesel en segundo lugar la etapa de reacción más de la



mitad del metanol utilizado en el proceso de reacción es consumido, dejando cantidades elevadas de biodiesel y glicerina. Con los precios del metanol, resulta necesario economizar el mismo, generando recuperación de metanol.

Dependiendo del tipo de aceite, hacen falta entre 110 y 160 mililitros de metanol por litro de aceite para formar moléculas de metilésteres. Pero también hay que añadir un exceso de metanol para desplazar la reacción hacia el lado de los productos.

Después del proceso se puede recuperar mucho del metanol sobrante para reutilizarlo, con solo evaporarlo en un recipiente cerrado con una salida que lleve a un condensador.

El metanol hierve a $64,7^{\circ}\text{C}$ ($148,5^{\circ}\text{F}$), aunque empieza a evaporarse mucho antes de alcanzar el punto de ebullición.

A diferencia del etanol, el metanol no forma un azeotropo con el agua, por lo que puede conseguirse metanol relativamente puro, lo suficiente para reutilizarlo en el siguiente lote.

Es mejor recuperar el metanol al final del proceso porque ya está caliente, y se recupera todo.

Si bien distintas teorías exponen que:

«Separar el metanol de la mezcla después del proceso es malo porque así se invierte la reacción. Sin el exceso de metanol el éster (biodiesel) y la glicerina reaccionan para volver a formar glicéridos. El exceso de metanol tiene una función importante, manteniendo el equilibrio de reacción en el lado de los productos. Pero después de haber separado la glicerina ya no puede ocurrir la



reacción inversa y no hay problema en retirar el exceso de metanol.» Allen Michael

Existen distintas practicas donde se extrae el metanol antes de separar la glicerina (suelen hacerse con vacío) pero eso empeora la calidad del biodiesel. Es mejor recuperar el metanol después de haber separado la glicerina del biodiesel. Es por ello que nuestro diseño será bajo esta estrategia, separar fase biodiesel y fase glicerina, y a esta última extraerle la corriente de metanol.



7. PROCESO POR BLOQUE

El proceso de transesterificación tiene muchas variantes según los tratamientos a los que se somete las materias primas y los productos, y según el orden de los sub sistemas en el proceso.

Nuestro proceso en bloque se dimensiona de la siguiente manera:



7.1 PATENTES¹⁰

En los últimos años, el uso de biocombustibles líquidos en el sector del transporte ha mostrado un rápido crecimiento mundial, impulsado principalmente por las políticas orientadas en el logro de la seguridad energética y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Los tipos de biocombustibles que yacen de fuente biológica, son el biodiesel y bioetanol.

En lo que respecta al biodiesel, obtenido por semillas oleaginosas mediante transesterificación.

El biodiesel que obtendremos cataloga de segunda generación y corresponde al combustible derivado del procesamiento de biomasa no usado para la producción de alimentos.

En el anexo se detallan las patentes **más usadas** desde 1993 al 2010 se han caratulado dentro de un total de 195 patentes que establece European Patent Office (EPO).

Como el proyecto se caratula para obtener biodiesel a partir de semillas de colza (oleaginosa), hemos optado por la patente **WO2008120223** respecto de la obtención del subproducto escogeremos la glicerina al 88% por lo cual diseñaremos como lo establece Duque-Aizate de la Universidad de Bogotá.

El mismo fue escogido ya que la línea de alimentación pretende ser glicerina cruda y la subdivisión que presenta nuestro proyecto es una configuración tal que separa el proceso para la obtención de biodiesel y la obtención de glicerina.

En el anexo H, se encontrará un fragmento del listado de patentamiento.



8. PRODUCCIÓN

8.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

En la producción de biodiesel existen diversas formas de llevar a cabo industrialmente el proceso, entre ellos se encuentran:

- Procesos discontinuos.
- Procesos continuo.
- Procesos continuo combinado de esterificación transesterificación.

El proceso discontinuo es el método más simple para producir biodiesel y se utiliza en plantas de menor capacidad y con diferentes calidades de aceites alimentados. El tipo de reactor es Batch, estos tipos de reactores funcionan por lotes, dando una producción de biodiesel de manera discontinua. En el principio de la reacción es necesaria una agitación intensa para obtener un buen mezclado del aceite, catalizador y alcohol en el reactor. Una vez que se ha producido la



reacción baja la intensidad de agitación para favorecer la separación del biodiesel de la glicerina.

El **proceso discontinuo** para nuestro proyecto presenta varias deficiencias, entre ellas:

Características del Proceso Batch	Justificación de la deficiencia
Pequeña escala de producción	No seremos competitivos con baja producción.
Grandes procesos de residencia	Aumenta los márgenes de tiempos de producción, perdiendo competitividad.
Calidad de producto variable	Debemos tener altos márgenes de especificación para otorgarlo a las mezcladoras.
Velocidad de producción variable	No nos permite estandarizar el proceso.
Reacciones lentas	Las reacciones lentas hacen que involucremos menos flujo de alimentación por lo cual nos hace trabajar a menor escala y eso no es productivo.

El **proceso continuo**, se caracteriza por la entrada continua de la alimentación y la salida continua de producto del reactor.



Las características que presenta este proceso resulta eficiente para nuestra producción por lo cual podemos distinguir ciertas beneficencias, entre ellas:

- Condiciones de operación estacionarias.
- Gran escala de producción.
- Calidad de producto constante.
- Velocidad de producción constante.
- Alta automatización.
- Poca mano de obra.

La principal característica de este reactor es tanque agitado continuo (TAC o CSTR- Continuos Stirred Tank Reactor). Suele disponerse dos reactores en serie, permitiendo que la reacción del segundo reactor sea más rápida alcanzándose rendimientos cercanos al 98%.

Un aspecto esencial en el diseño de los reactores CSTR es asegurar que la mezcla se realice convenientemente para que la composición en el reactor sea prácticamente constante.

Sin embargo esto tiene un efecto negativo, ya que aumenta la disposición de la glicerina en la fase éster, lo que hace que el tiempo requerido para la separación de fases incremente.

Una alternativa a los reactores CSTR son los reactores flujo pistón (Plug Flow Reactor). Estos reactores son tubulares y la mezcla de reacción se mueve longitudinalmente con poca mezcla o dispersión en la dirección axial.

Si bien hemos comprobado que el reactor flujo pistón es a solo efecto de procesar pequeñas cantidades, no resultando beneficioso para la producción que



proponemos realizar. Iremos por la realización de reactores CSTR. En el capítulo posterior describiremos con mayor detalle los reactores.

En el proceso que decidimos generar el mismo consta de un sistema de esterificación y uno de transesterificación.

- SISTEMA DE ESTERIFICACIÓN

Se denomina esterificación al proceso donde se sintetiza el éster.

El éster es un compuesto derivado de una reacción química entre el ácido carboxílico y un alcohol.

Este proceso se utiliza para refinar aceites con alto contenido de AGL (Ácidos Grasos Libres) que, posteriormente, es alimentado a la transesterificación. Este proceso necesita de una eliminación continua de agua para evitar que se detenga la reacción. La eliminación de agua se lleva a cabo mediante vaporización, **decantación** o centrifugación.

EXPLICACIÓN DEL PROCESO DE ESTERIFICACIÓN/ TRANSESTERIFICACIÓN

El proceso de producción convencional de biodiesel con catálisis básica homogénea no puede utilizarse materias primas con alto contenido de ácidos libres, debido a que se produciría una excesiva formación de jabones. Lo más conveniente en este caso será realizar una etapa de esterificación como etapa



previa a la transesterificación convencional. La reacción de esterificación transforma los ácidos grasos libres en ésteres, reduciendo la acidez de la materia prima y aumentando el rendimiento del material.

La reacción de esterificación es extremadamente lenta en ausencia de catalizador por lo cual utilizaremos NaOH, para aumentar la velocidad de reacción.



Utilizamos catálisis básica, en vez de ácida con (H₂SO₄) por los costos que éste representa como así también los riesgos que contiene tener un ácido en estado líquido.

- SISTEMA DE TRANSESTERIFICACIÓN

Luego del proceso de esterificación, en la etapa de transesterificación se transforma los triglicéridos en biodiesel.

Constituyendo estos dos sistemas el corazón del proceso de obtención del biodiesel.



8.2 ESCALADO DE LA PRODUCCIÓN

Las principales aceiteras del país han instalado plantas continuas de biodiesel de gran capacidad (100.000 – 480.000 t/año) que requieren de materias primas de muy buena calidad, con una acidez del orden del 0,1%. De hecho, en estos casos, el aceite se obtiene por extracción con solvente y luego se realizan etapas de refinación parcial. Este tipo de plantas típicamente presentan la configuración que se esquematiza de la siguiente manera:

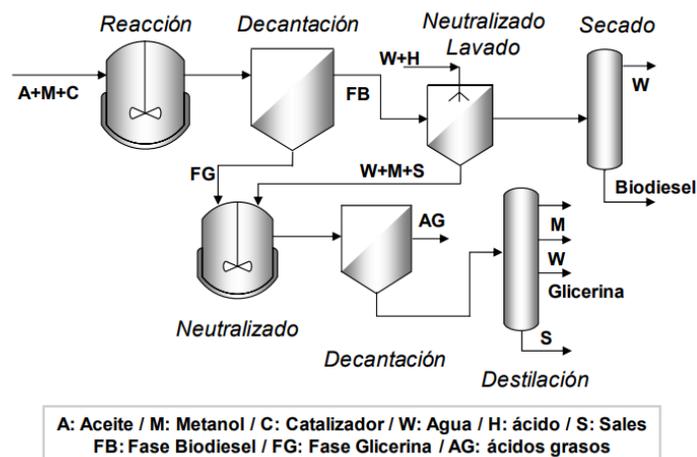


Diagrama 8.2- Proceso PRO II, configuración.

Fuente: Autor.

Luego de la reacción y decantación, la fase biodiesel (FB) separada es lavada varias veces. El primer lavado se realiza con una solución ácida, neutralizando el catalizador y transformando los jabones presentes en ácidos grasos. En esta operación también se extrae el metanol y la glicerina de la fase biodiesel. Generalmente se realiza tres etapas de lavado con agua para terminar de extraer



las impurezas. Posteriormente se realiza el secado para eliminar el agua, obteniendo el biodiesel final purificado.

La fase glicerina separada de la decantación, de pH muy alcalino, es colectada junto con las aguas provenientes de las etapas de lavado, típicamente ácidas. Ambas corrientes son mezcladas y neutralizadas. Los jabones se transforman en ácidos grasos, generando una nueva fase la cual será separada luego de la decantación. Esta fase rica en ácidos grasos puede ser comercializada para otras aplicaciones, o bien transformada en biodiesel. El resto estará contenido en la fase acuosa que tendrá todo el metanol excedente de la reacción y la glicerina formada durante la misma.

En este tipo de plantas se cuenta con grandes torres de destilación donde se recupera el metanol y el agua, que serán reutilizados en el proceso. También se destila la glicerina que es luego comercializada, generalmente como glicerina cruda (o grado UPS - refinada) con un contenido de 99,7%. Sólo la planta de mayor capacidad del país (Renova) cuenta con una etapa de refinación de la glicerina (>98,5%). Dicha planta elabora anualmente 480.000 toneladas de biodiesel, 50.000 toneladas de glicerina refinada y 60.000 toneladas de glicerina cruda. El único desecho generado en este tipo de plantas serán sales con algunas impurezas.

Como nuestra producción es de 10000 Tn/año, solo el 2% de la producción de Renova se configurará bajo industria de mediana escala.

Muchas de las alternativas tecnológicas empleadas a gran escala no resultan viables en plantas de menor escala, principalmente desde el punto de vista económico.



En este tipo de emprendimientos difícilmente se cuenta con grandes torres de destilación en serie para la obtención del biodiesel, si contará con una pequeña torre de destilación para obtener el producto deseado (biodiesel) al igual que la obtención del sub-producto, siendo necesario para cumplir con los estándares de mercado.

Es por ello que la secuencia en que se realizan las operaciones de purificación se modifica con respecto a lo visto anteriormente para industrias de gran escala.

Luego de la reacción y decantación, a la fase biodiesel separada se le realiza el lavado y neutralizado, del alcohol excedente de la reacción para su reutilización. Posteriormente la fase biodiesel es secada obteniendo el biodiesel final.

Aún quedan dos corrientes por resolver, la fase glicerina y las aguas de lavado. Aquí aparecen varias alternativas que dependerán de las tecnológicas disponibles para cada escala de producción (pequeña y mediana) y la necesidad de tratar los efluentes. En algunos casos la fase glicerina es utilizada directamente como combustible en la caldera, mientras que en otros se busca aprovechar los ácidos grasos y la glicerina para comercializarla, para obtener mayor rentabilidad configuraremos la estrategia de comercialización de la glicerina a un 88% cumpliendo con los estándares de mercado siendo glicerina grado técnico.

A continuación, se describen brevemente las etapas del proceso a nivel global:



- **Reacciones/Reactores:** la mezcla alcohol-catalizador se carga al reactor junto con el aceite. El reactor se diseña para que toda la fracción de la mezcla esté en el reactor aproximadamente 1 hora a 60 °C. Normalmente, se usa exceso de alcohol para asegurar la conversión total del aceite. El catalizador reacciona en primer lugar con los AGL, por lo que debe haber suficiente catalizador para que catalice la transesterificación y no sea consumido en su totalidad los AGL. La formación de jabón provoca que se generen emulsiones con el aceite y con el alcohol evitando que se produzca la reacción, por lo que se necesita una intensa agitación. A veces se realiza el proceso en dos etapas, es decir, con dos reactores. Esto permite una reacción muy completa, con posibilidad de utilizar menos exceso de alcohol que en el proceso de una etapa, y además permite disminuir los AGL (en la etapa de esterificación). Es por ello que nuestro proceso tendrá dos reactores en serie.
- **Lavado del éster:** el lavado con agua permite eliminar jabones producidos. Este lavado permite además recuperar todo el catalizador, sales, alcohol y glicerina libre que ha quedado en el biodiesel. Neutralizar antes de lavar reduce la cantidad de agua necesaria y reduce la formación de emulsiones durante el lavado,



la neutralización se produce con el HCl, que neutralizará aquellas bases presentes en el éster.

Es decir, el método de lavado y secado del biodiesel se lleva a cabo para generar una calidad óptima cumpliendo con las exigencias del mercado para la mezcla con el diésel. En el proceso de lavado como hemos mencionado, separa los jabones del combustible lavándolo con agua y agregándole HCl, llegando a un pH del **biodiesel sea casi neutro**.

Existen diversos métodos de lavado, con columnas sucesivas en serie para efectivizar el separado, pero **nosotros hemos optado por la configuración de lavado y neutralizado en la misma etapa**. Esta configuración reduce el espaciado que pueden ocupar los dos procesos por separado y además en un mismo tiempo de residencia se realiza los dos procesos.

Luego del lavado existe un período de decantación donde utilizaremos una centrifuga para disminuir el tiempo de residencia y poder separar la fase acuosa de la del biodiesel. Finalmente, se seca la fase biodiesel a 100°C mediante destilación, con el fin de eliminar restos del agua utilizada en los lavados.

El **biodiesel limpio** queda por encima y el agua con los **jabones disueltos** se puede sacar por una válvula en el fondo del recipiente.

El producto final tendrá un **pH 7**. El **biodiesel** tiene un aspecto **más limpio y cristalino** después de lavarlo.

- **Neutralización de la glicerina:** la glicerina resultante contiene catalizador y jabón. Este catalizador se neutraliza con un ácido,



formando sales. En algunos casos (catalizador: NaOH, ácido:HCl) la sal se recupera y se utiliza como fertilizante.

Se forma NaCl en la glicerina, esta sal constituye una impureza. La glicerina resultante se separa del alcohol que contenga por medio de arrastre vapor, obteniéndose una glicerina con pureza del 88%, que puede ser vendida como glicerina técnica.

La fase glicerina separada de la decantación, de pH muy alcalino, es colectada junto con las aguas provenientes de las etapas de lavado, típicamente ácidas. Ambas corrientes son mezcladas y neutralizadas. Los jabones se transforman en ácidos grasos, generando una nueva fase la cual será separada luego de la decantación. Esta fase rica en ácidos grasos puede ser comercializada para otras aplicaciones, o bien transformada en biodiesel. El resto estará contenido en la fase acuosa que tendrá todo el metanol excedente de la reacción y la glicerina formada durante la misma.

- **Reciclado de alcohol:** el alcohol y el agua proveniente de la recuperación de glicerina y de la purificación del biodiesel se envían a una evaporadora para recuperar el alcohol, que será utilizado en el proceso.
- **Separación:** una vez que la reacción se ha completado y el alcohol ha sido recuperado, se obtienen dos productos, el éster y la glicerina. Debido a la diferencia de densidades entre ambos, pueden separarse por gravedad o centrifugación.



9. BASE DE CALCULO RESPECTO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS.

9.1 REACTORES

Los reactores son aparatos o máquinas generalmente de gran dimensión o complejidad que responden a diversas funciones dependiendo del tipo al que pertenezcan. Como generalidad se puede establecer que son aparatos cuyo objetivo es lograr una reacción de un objeto a otro para modificar su estado o conducta.

El reactor es equipo determinado cuya función es la de generar una **reacción química** específica sobre una materia. Esta operación consiste en la separación, multiplicación o reestructuración de las moléculas o átomos de la materia tratada para formular un nuevo producto como resultado. El reactor, a través de sus mecanismos, afecta factores de la materia como temperatura, presión, características termodinámicas y cinéticas, consistencia física, estados presentes durante la reacción (líquido, sólido, gaseoso).



Antes de ingresar de lleno a la estructura del reactor, evaluaremos la cinética de la reacción y sus velocidades correspondientes, dejando la estructura para los capítulos precedentes.

A partir de ahora, para homogenizar nuestro estudio, se tendrá en cuenta las siguientes notaciones:

[TG] : Triglicérido

[DG] : Diglicérido

[MG] : Monoglicérido

[GL] : Glicerido

[BD] : Biodiesel / Ésteres metílicos.

[MT] : Metanol

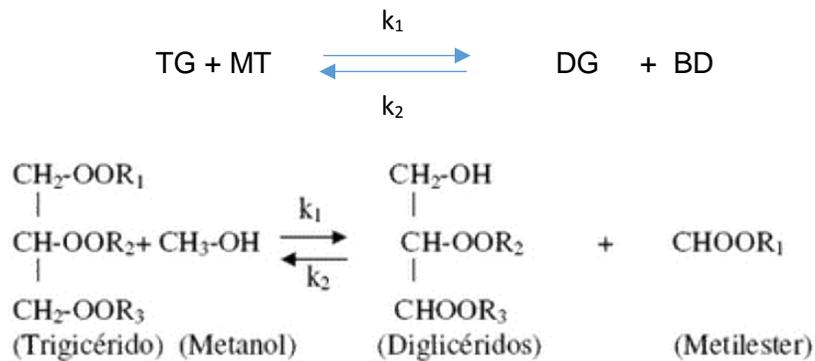
[CAT] : Catalizador

Detallaremos a continuación las reacciones del mecanismo de **transesterificación** para entender así la cinética de estos.



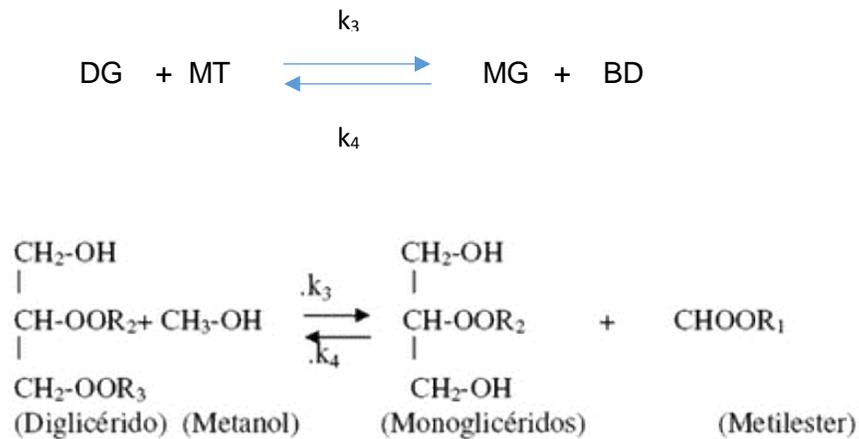
1) Ataque a la cadena de carbonos por parte del ión metóxido (OH⁻).

Las constantes cinéticas de la reacción reversible son k₁ de los reactivos a los productos y k₂ de los productos a los reactivos.



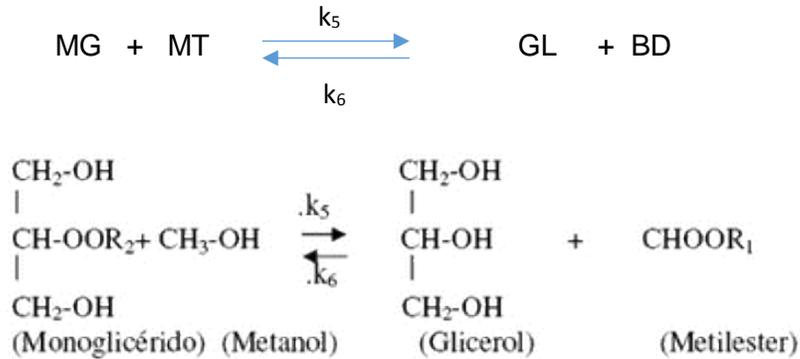
2) El diglicérido (ión tetraedro intermedio) reacciona con el metanol en exceso (ratio molar mayor de 3:1) para generar ésteres y monoglicéridos.

Las conste de esta reacción intermedia son k₃ y k₄.

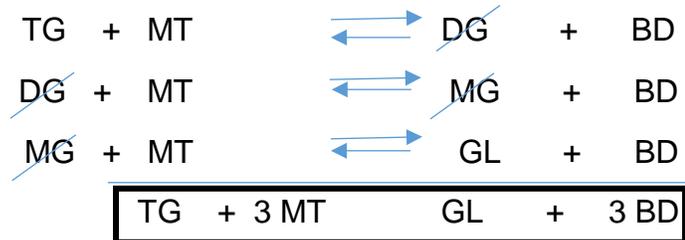




3) El reagrupamiento del monoglicérido da lugar a la formación de una cadena de ácidos grasos (BD) y un diglicérido (Glicerol). Las últimas constantes cinéticas son k_5 , para formar ésteres y glicerina, y k_6 para formar monoglicérido y alcohol.



La ecuación global será:



Para entrar más en detalle sobre la química de la reacción nos basamos en el estudio de Leevijit¹¹. En dicho estudio se hace referencia de la cinética de segundo orden.

En el libro Levenspiel se adentra completamente en el estudio de la cinética de las reacciones químicas, por otro lado, las constantes de reacción se obtienen de la aplicación de la ecuación de Arrhenius, que conecta la Energía de Activación (E_a) y Temperatura de proceso (T_p).



9.1.1 ECUACIONES DIFERENCIALES

Explicamos a continuación el desarrollo de las ecuaciones intermedias.

$$v_1 = \frac{d[TG]}{dt} = -k_1 [TG]. [MT] + k_2 [DG]. [BD]$$

La primera velocidad responde a la primera ecuación, la velocidad de reacción depende de la concentración de triglicéridos y metanol, como se observa en la primera de las ecuaciones intermedias.

$$v_2 = \frac{d[DG]}{dt} = k_1 [TG]. [MT] - k_2 [DG]. [BD] - k_3 [DG]. [MT] + k_4 [MG]. [BD]$$

La segunda velocidad comprende la conversión de diglicéridos de la primera reacción intermedia y el paso de los diglicéridos a monoglicéridos por medio del metanol en el segundo paso intermedio.

$$v_3 = \frac{d[MG]}{dt} = k_3 [DG]. [MT] - k_4 [MG]. [BD] - k_5 [MG]. [MT] + k_6 [GL]. [BD]$$

La tercera velocidad relaciona la formación del monoglicerido por el segundo paso intermedio (k_3 y k_4) con la generación de la glicerina en el último paso al reaccionar los monogliceridos con el metanol.

$$v_4 = \frac{d[GL]}{dt} = k_5 [MG]. [MT] - k_6 [GL]. [BD]$$



La cuarta velocidad define la rapidez con la que se forma la Glicerina en función de la concentración de monoglicéridos y metanol (k_5) contra la reconversión de glicerina, en presencia de ésteres (k_6). Las dos últimas velocidades relacionan la formación de Biodiesel y de metanol, presentes en todos los pasos intermedios.

$$v_5 = \frac{d[BD]}{dt} = k_1 [TG] \cdot [MT] - k_2 [DG] \cdot [BD] + k_3 [DG] \cdot [MT] - k_4 [MG] \cdot [BD] + k_5 [MD] \cdot [MT] - k_6 [GL] \cdot [BD]$$

$$v_6 = \frac{d[MT]}{dt} = - \frac{d[BD]}{dt}$$

La cantidad de metanol en el proceso debe ser mayor para derivar la reacción a la derecha, así el exceso de glicerina no intercede de forma crítica en la misma. Otra posibilidad de ir eliminando la glicerina conforme se va liberando de los radicales alquílicos y se encuentra mezclada con el resto de reactivos, de este modo no hay lugar para la regeneración de ácidos grasos. Así, siempre aseguramos que toda la grasa se ha esterificado y no tendremos el riesgo de que ésteres metílicos que se hayan formado vuelvan otra vez a su estado inicial de radical alquílico.

Evaluando las ecuaciones, al principio la reacción es muy rápida, pero después se torna lenta. Primero la mitad de los triglicéridos se convierte en diglicéridos (después en monoglicéridos y finalmente en biodiesel), posteriormente se convierte la mitad de lo que queda, y después otra vez la mitad de lo que queda,



hasta que queda una cantidad ínfima. La velocidad de la reacción disminuye progresivamente y nunca se completa del todo. Al final la cantidad de glicéridos es insignificante y cumple con los límites fijados por los estándares de calidad. Cada una de estas reacciones es reversible con una velocidad de reacción diferente constante (k_n), haciendo notar que las reacciones en un sentido y en otro tienen lugar a velocidades diferentes.

Las ecuaciones diferenciales que hemos nombrado reacciones son todas conocidas, de segundo orden (o Pseudo-segundo orden); para expresar la velocidad de aparición y desaparición de los componentes es posible realizar un sistema de ecuaciones diferenciales, arribando a la solución del sistema de ecuaciones diferenciales de la cinética de la reacción de transesterificación

Los valores de las constantes de reacción fueron tomados de la literatura Nouredini y Zhu.

k Constante de velocidad de reacción, $s^{-1}\cdot mol^{-1}$.

k1	0,044
k2	0,102
k3	0,218
k4	1,28
k5	0,239
k6	0,007

Tabla 9.1.1- constantes cinéticas

La influencia de la temperatura en las constantes de reacción fue determinada de acuerdo con la ecuación de Arrhenius:



$$k = Ae^{-E/RT}$$
$$k_{T1} = k_{T2} \text{EXP} \frac{E}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

La energía de activación E, en $\text{cal}\cdot(\text{mol}\cdot\text{K})^{-1}$, también fue tomada del mismo texto literario¹².

Energía de activación, en $\text{cal}\cdot(\text{mol}\cdot\text{K})^{-1}$

Energías de Activación	
E1	13 145
E2	9 932
E3	19 860
E4	14 639
E5	6 421
E6	9 588

Tabla 9.1.1 a – Energías de Activación

Estos datos nos permiten justificar la temperatura de proceso que hemos escogido en los antecesores capítulos.

Para llevar a cabo los cálculos se tomó una concentración inicial de 6 moles de metanol por mol de triglicérido, tal como se muestra para tiempo cero en la tabla 9.3, utilizando un incremento de tiempo (Δt) de 2 segundos (0,033 horas), el cual garantiza la convergencia de la solución, para obtener las concentraciones de TG, DG, MG, GL Y BD según el Levenspiel para reacciones de pseudosegundo orden. En la tabla 9.3 se muestran, los valores de concentración de cada uno



de los componentes en función del tiempo a la temperatura de 60 °C; 50°C y 30°C.

Temperatura 60°C							50°C	30°C
Tiempo, s	[TG]	[DG]	[MG]	[GL]	[E] 60°C	[MT]	[E] 50°C	[E] 30°C
0	1	0	0	0	0	6	0	0
50	0,784	0,136	0,054	0,025	0,321	5,679	0,321	0,1
100	0,629	0,175	0,088	0,108	0,675	5,325	0,573	0,175
150	0,519	0,19	0,089	0,201	0,972	5,028	0,873	0,356
200	0,44	0,194	0,081	0,284	1,209	4,791	0,987	0,534
250	0,383	0,191	0,072	0,354	1,589	4,603	1,397	0,689
300	0,34	0,184	0,064	0,413	1,749	4,451	1,495	0,789
350	0,307	0,174	0,057	0,462	1,934	4,327	1,536	0,896
400	0,282	0,165	0,051	0,503	2,198	4,225	1,645	0,967
450	0,261	0,155	0,046	0,538	2,299	4,139	1,736	1,389
500	0,244	0,146	0,042	0,568	2,489	4,066	1,892	1,536
550	0,23	0,138	0,038	0,594	2,499	4,003	1,921	1,538
600	0,218	0,131	0,035	0,617	2,501	3,949	1,993	1,678
800	0,182	0,109	0,028	0,681	2,503	3,792	2,118	1,689
1 000	0,16	0,095	0,024	0,721	2,536	3,694	2,235	1,789
1 500	0,131	0,079	0,019	0,771	2,527	2,3	2,431	1,799
2 000	0,119	0,073	0,018	0,79	2,5	1,5	2,48	1,956
2 500	0,089	0,071	0,017	0,798	2,5	0,017	2,5	1,998
3 000	0,002	0,07	0,017	0,802	2,5	0,001	2,5	2,018

Tabla 9.1.1 b - Evaluación de datos cinéticos

Referencias:

[MT]: Concentración de metanol, mol.

[DG]: Concentración de diglicéridos, mol.

E: Energía de activación, cal/(mol·K).

[BD]: Concentración de metilester, mol.

[GL]: Concentración de glicerina, mol.

[MG]: Concentración de monoglicéridos, mol.

t: Tiempo, s.

[TG]: Concentración de triglicéridos, mol.



En la [tabla 9.1.1 b](#) se muestra el efecto de la temperatura en la obtención de metilester ; es por ello que hemos escogido para los cálculos la base de 60 °C alcanzando a esta temperatura una Energía de Activación mucho mayor con respecto a las otras temperaturas en prematuros tiempos, esto beneficia la reacción y los tiempos de obtención de nuestro producto (biodiesel).

Se puede observar que la reacción ocurre rápidamente hasta aproximadamente los 2 500 segundos (0,69 horas) y que a partir de este tiempo transcurre muy lentamente.

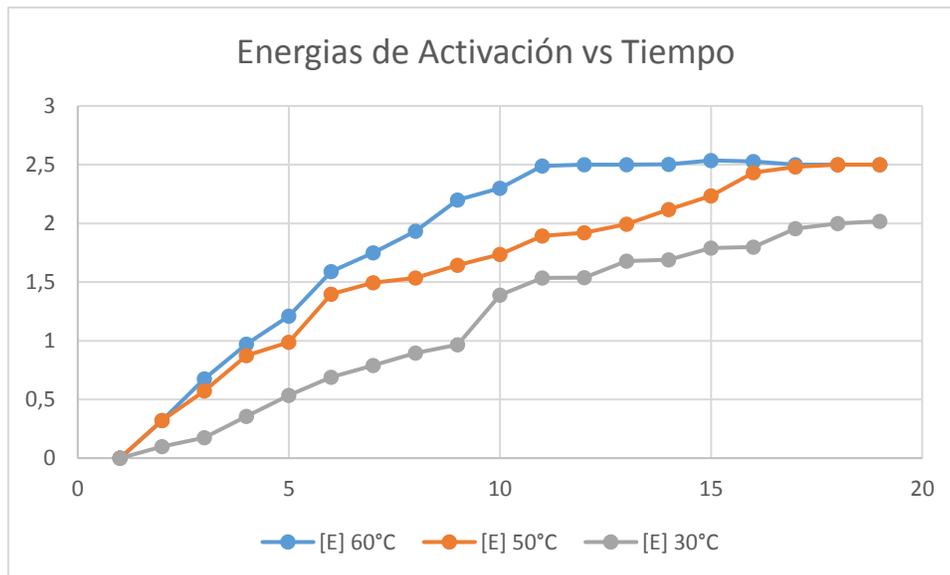


Grafico 9.1.1 c - Energía de activación vs tiempo

Considerando el tipo de fórmula presenta Arrhenius, resulta más apropiado la representación a escala logarítmica, pudiendo visualizarse que la misma tiene una mayor eficiencia a 60°C.

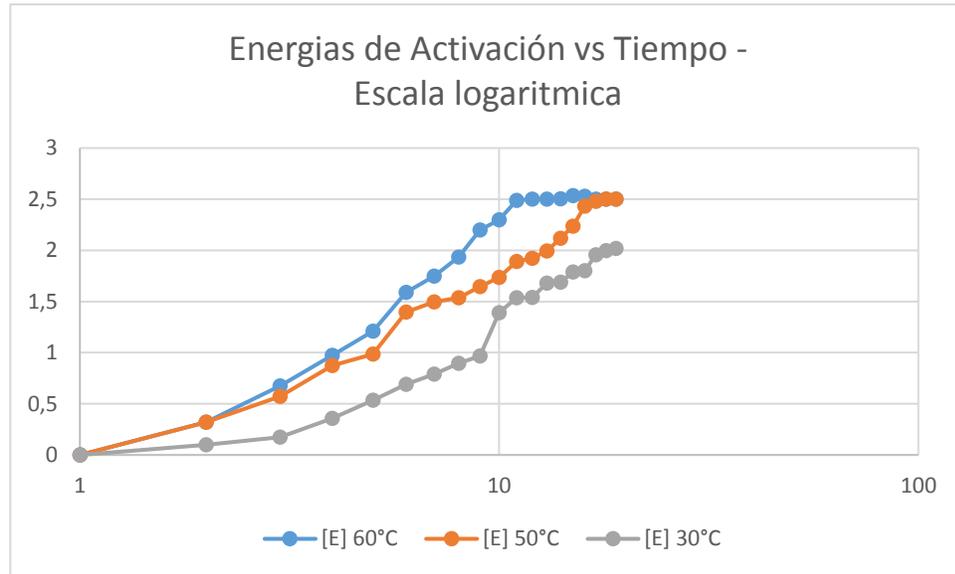


Grafico 9.1.1 d - Energía de activación vs tiempo (logarítmica)

Evaluándose las constantes cinéticas y los tiempos de reacción diremos que el mejor reactor es el CSTR.



9.2 BASE DE CALCULOS

A continuación se describirá la base de cálculos del proyecto, con esto finaliza la ingeniería básica siendo estos datos útiles para la ingeniería de detalle.

Se tiene a disponibilidad el Excel- planilla de cálculos - en el apartado de anexos.

Evaluando para una producción de 10.000 Tn /año de BD.

Sabiendo que vamos a operar 365 días.

Tenemos entonces: 27,397 Tn / días o 1,141 Tn/h o **2516,68 lb/ h**

En resumen para BD: **CORRIENTE E=1,141 Tn / h**

Para los AGL e impurezas¹³ que se encuentran en función del triglicérido:

%	
0.024	Impureza
0.0269	AGL

- Impurezas:

$$0.000269 * 1,141 \text{ Tn/h} = 0.0003069 \text{ Tn/h Imp. o } 0,676 \text{ lb /h}$$

- AGL:

$$0.00024 * 1,141 \text{ Tn/h} = 0.0002738 \text{ Tn/h Imp. o } 0,603 \text{ lb /h}$$

Las corrientes previas a la esterificación son:

CORRIENTE D: NaOCH₃ (**MT-CAT**)

CORRIENTE A: Aceite de Colza – (**TG**)



Realizaremos los cálculos correspondientes para hallar la CORRIENTE A, dicha corriente proviene del Tk-01 cuyo almacenamiento es Aceite de Colza/Canola.

$$\text{CORRIENTE E} \times \frac{PM \text{ del TG}}{PM \text{ del BD}} = \text{CORRIENTE A}$$
$$1,141 \times \frac{875}{883.59} = 1,13 \text{ Tn/h}$$

$$\text{CORRIENTE A} = 1.13 \text{ Tn /h o } 2493,19 \text{ lb/h de TG}$$

En cuanto a la **corriente D**, la misma se compone por metóxido de sodio **NaOCH₃**.

El metóxido de sodio en contacto con los AGL produce menos reacciones de saponificación, el proceso de acidez libre es una de las características químicas que mejor definen la calidad de un aceite, que representa el deterioro hidrolítico a la que se ha sometido.

La acidez libre se expresa en % de ácido oleico y se determina según norma UNE-EN ISO 660:2010, estas normativas son superiores a las legisladas en suelo argentino donde se mide la cantidad de NaOCH₃ al 1%.

La cantidad de NaOCH₃ necesaria para la transesterificación del 1% es:

$$0.01 * 1,141 \text{ Tn/h} = 0,01141 \text{ Tn/h NaOCH}_3 \text{ o } 25,17 \text{ lb /h}$$

$$\text{CORRIENTE D} = 0,01142 \text{ Tn /h NaOCH}_3$$



En el proceso para la obtención de NaOCH_3 generamos agua, este proceso necesita de una eliminación continua de agua para evitar que se detenga la reacción. La eliminación de agua se lleva a cabo mediante un **decantador**.



En función a los reactivos, como el metanol se encuentra en exceso, realizaremos los balances estequiométricos con respecto al reactivo limitante (Hidróxido de sodio).

$$1 \text{ kg mol Na (OH) eq. } 40 \text{ kg/kgmol}$$

$$0,02855 \text{ kgmol NaOH} \times \frac{1 \text{ Kgmol H}_2\text{O}}{1 \text{ Kgmol NaOH}} \times \frac{18 \text{ kg}}{1 \text{ Kgmol H}_2\text{O}} = 0,5139 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$0,5139 \text{ kg H}_2\text{O} \times \frac{2,20462 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} = 1,13 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE H} = 0,0005139 \text{ Tn /h H}_2\text{O}$$

Dicha corriente se destinará al correspondiente tanque de agua.

La **pre-mezcla** para obtener NaOCH_3 , se alimenta de la siguiente manera:

El método de sodio se configura con el 10% de hidróxido de sodio y 90 % de metanol.



$$0.10 * \text{CORRIENTE D} = 0,001142 \text{ Tn/h NaOH o } 2,51 \text{ lb/h}$$

$$0.10 * 0,01142 \text{ Tn/h NaOCH}_3 = 0,001142 \text{ Tn/h NaOH o } 2,51 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE C} = 0,001142 \text{ Tn/h CAT}$$

$$0.90 * \text{CORRIENTE D} = 0,01027 \text{ Tn/h MeOH o } 22.65 \text{ lb/h}$$

$$0.90 * 0,01142 \text{ Tn/h NaOCH}_3 = 0,01027 \text{ Tn/h MeOH o } 22.65 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE B} = 0,01027 \text{ Tn/h MT}$$

La **CORRIENTE B** es la que ingresa a la pre-mezcla, junto al catalizador para formar NaOCH₃.

Debemos considerar un exceso de metanol, ya que la reacción debe favorecer a la formación de producto siendo este producto el éster. En cuanto a la estequiometría debe considerarse una relación 6:1, es decir, seis moles de metanol (MT) por cada un mol de triglicérido (TG). Para ello se adiciona a la pre-mezcla la **CORRIENTE F**.

$$\text{CORRIENTE A} \times \frac{PM \text{ MT}}{PM \text{ TG}} \times \frac{6}{1} - \text{CORRIENTE B} = \text{CORRIENTE F}$$

$$1,141 \text{ Tn/h} \times \frac{32}{875} \times \frac{6}{1} - 0,01027 \text{ Tn/h} = \text{CORRIENTE F}$$

$$\text{CORRIENTE F} = 0,2378 \text{ Tn/h MT exceso o } 524,42 \text{ lb/h}$$



Es decir, para que se lleve a cabo la reacción debemos tener una corriente de exceso de 0,2378 Tn/h de metanol.

La cantidad de metanol que ingresa a la pre mezcla es: 515,45 lb/h

- CORRIENTE F (en fracción 94%) : $524,42 \text{ lb/h} \times 0,94 = 492,80 \text{ lb/h}$
- CORRIENTE B : 22,65 lb/h

La **corriente de D**, presenta dos corrientes antecesoras siendo una la corriente B y la otra la corriente C.

La **corriente C**, deviene del Tk-03 cuyo almacenamiento es el hidróxido de sodio, NaOH .En cuanto a la **corriente B**, la misma deviene del Tk-02 cuyo almacenamiento es el de MeOH y la **corriente F** deviene de la columna rectificadora, esta columna sirve para reutilizar el metanol que hemos utilizado. En función a los resultados arribados, si consideramos los pesos moleculares correspondientes a la **CORRIENTE A** y la **CORRIENTE B**, siendo:

CORRIENTE	[kg/h]	PM [kg/kgmol]	MOLES ESTEQUIOMETRICOS	$\frac{PM * MOLES ESTEQ}{1000}$ $= \frac{mol}{h}$
A - TG	1130,89	875	1	0,001292445
B - MT	10,278	32	3	0,000963562

Según la **tabla 9.1.1 b – Evaluación de datos cinéticos**, donde observamos que a los 3000 s; la concentración de TG es de 0,002; mientras que la concentración de MT es de 0.001, evaluando los datos que hemos obtenido de las corrientes A y B podemos decir que necesitamos más tiempo para llegar a



dichas concentraciones por lo cual trabajaremos hasta los 3600 s, es decir una hora de proceso.

Continuando con los balances de masa correspondientes, el **decantador** que hemos utilizado para eliminar agua (corriente H), presenta además una corriente antecesora (corriente D1) y una corriente predecesora (corriente D2).

En cuanto a la corriente D1, la misma se compone por la corriente D y la fracción de corriente F (proveniente de la rectificación del metanol), según material bibliográfico en el proceso de esterificación es conveniente utilizar un 94% de dicha corriente.

$$\begin{aligned}\text{CORRIENTE F (fracción)} &= \text{CORRIENTE F} \times 0.94 \\ &= 0,2378 \text{ Tn/h MT} \times 0.94 \\ &= 0,2235 \text{ Tn/h MT}\end{aligned}$$

$$\text{CORRIENTE F (fracción)} = 0,2235 \text{ Tn/h MT o } 492,80 \text{ lb/h}$$

$$\begin{aligned}\text{CORRIENTE F fracción} &= 0,2235 \text{ Tn/h MT} \times 1000 \text{ kg/1Tn} \times 1 \text{ kg mol MT/ } 32 \text{ kg} \times \\ &1 \text{ kg mol NaOCH}_3 / 1 \text{ kg mol MT} = 6,98 \text{ kg mol NaOCH}_3\end{aligned}$$

$$\text{CORRIENTE F} = 6,98 \text{ kg mol NaOCH}_3 \times 54,03 \text{ kg/1kg mol NaOCH}_3 \times 1 \text{ Tn/1000kg}$$

$$\text{CORRIENTE F (en función a NaOCH}_3) = 0,3773 \text{ Tn / h o } 831,94 \text{ lb/h NaOCH}_3$$

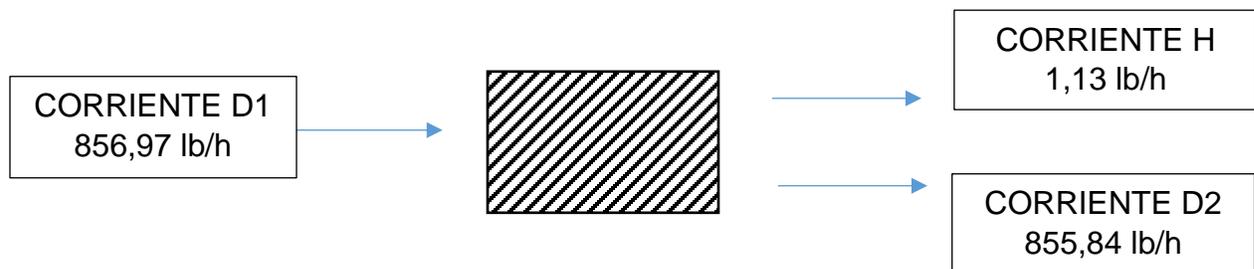


Ahora podremos sumar las corrientes, con las mismas unidades:

$$\begin{aligned}\text{CORRIENTE D1} &= \text{CORRIENTE D} + \text{CORRIENTE F fracción} \\ &= 0,01142 \text{ Tn /h NaOCH}_3 + 0,3773 \text{ Tn / h NaOCH}_3\end{aligned}$$

$$\text{CORRIENTE D1} = 0,38872 \text{ Tn/ h NaOCH}_3 \text{ o } 856,97 \text{ lb/h NaOCH}_3$$

La corriente que ingresa al reactor de esterificación es la corriente D2, que proviene del primer decantador.



$$\text{CORRIENTE D2} = \text{CORRIENTE D1} - \text{CORRIENTE H}$$

$$\text{CORRIENTE D2} = 855,84 \text{ lb/h NaOCH}_3$$

En el **reactor de esterificación (Rx-101)**, se genera una conversión del 85%.

En dicho reactor se generará la reacción de esterificación, aquí donde se sintetiza el éster por medio del triglicérido y el metanol (un ácido carboxílico y un alcohol).

La reacción principal es:



Mientras que la reacción indeseable que se produce es:



La corriente de salida del **Rx-101**, **CORRIENTE G**, se constituye de la siguiente forma:

Por medio del triglicérido, glicerol, jabón, éster, metanol, metoxido de sodio.

La corriente presenta 3349,03 lb/h o 1,519 Tn/h.

- TG (Triglicérido) = CORRIENTE A x (1- 0,85)

$$1,13089 \times (1- 0,85)$$

COMPOSICIÓN TG_G: 0,169 Tn/h

- GL (Glicerol) = TG_A x PM GL / PM TG

$$1,13089 \times (93,92 / 875)$$

COMPOSICIÓN GL_G : 0,1213 Tn/ h

- Jabón = AGL x PM Jabón /PM AGL

$$0,0002738 \times 1000 \times 300 / 280$$

COMPOSICIÓN JABÓN_G: 0,29335 Tn/h

- Ester = CORRIENTE A x 0,85 x PM ester /PM TG x 3/1



$$1,13089 \times 0,85 \times 297,48 / 875 \times 3/1$$

COMPOSICIÓN Ester_G : 0,9804 Tn/h

$$- \quad MT = \text{CORRIENTE F fracción} + \text{CORRIENTE B} - 3/1 \times (\text{PM MT} / \text{PM TG} \times 0,85 \times \text{CORRIENTE A})$$

$$0,2236 + 0,01027 - 3/1 \times (32 / 875 \times 0,85 \times 1,13089)$$

COMPOSICIÓN MT_G : 0,1283 Tn/h

$$- \quad \text{NaOCH}_3 = \text{CORRIENTE D2} - \text{AGL} \times \text{PM NaOCH}_3 / \text{PM AGL}$$

$$0,3882 - 0,0002738 \times 54,03 / 280$$

COMPOSICIÓN NaOCH₃: 0,3881 Tn/h

La mezcla se deja en el reactor de esterificación hasta obtener un rendimiento del 85% y se envía al decantador.

Los ésteres que hemos formado en el proceso de esterificación se han dado mediante la unión entre un alcohol y un ácido carboxílico la cual se produce la pérdida de una molécula de agua. La reacción inversa, conocida como hidrólisis, genera sus constituyentes, es decir, el ácido carboxílico y el alcohol. Esta reacción no solo se produce en medio ácido, sino también en medio básico. Al proceso de **hidrólisis básica se lo denomina saponificación**.

Este término proviene del latín "saponis" que significa jabón. El jabón se fabrica por hidrólisis básica del aceite de colza, que son ésteres de la glicerina con ácidos



carboxílicos de cadena larga (ácidos grasos). Cuando se hidroliza la grasa con NaOH, se obtiene glicerina (propanotriol o glicerol) y las correspondientes sales sódicas de los ácidos carboxílicos de cadena larga.

Estas sales son lo que conocemos como jabón.



El jabón obtenido en la corriente G, lo hemos obtenido por el aumento de temperatura del aceite natural con una disolución alcalina (metóxido de sodio) . Dicho jabón (sales de sodio de ácidos grasos) se separa del resto mediante precipitación al añadir sal a la mezcla de reacción, tras lo cual se lava y purifica. El álcali utilizado es metóxido de sodio obteniéndose un jabón duro o sólido. Utilizaremos un decantador gravitatorio para la separación continua de los líquidos no miscibles de densidades diferentes.

Las corrientes que salen del decantador son:

- **CORRIENTE I**
- **CORRIENTE J**



Para ingresar al proceso de transesterificación el glicérido y el alcohol deben ser anhidros para evitar que se produzca la saponificación, es por ello que en el paso previo hemos eliminado el contenido de agua por medio del decantador.

Además, los triglicéridos deben tener una baja proporción de ácidos grasos libres para evitar que se neutralice con el catalizador y forme jabón, es por ello que en la corriente I, destinaremos mayor porcentaje de jabón siendo un 80% ya que por el equilibrio cinético desestimaremos mayor producción de este y tras añadirse la corriente de metanol y NaOCH_3 el jabón se lavará y se purificará.

Respecto del contenido de alcohol, la corriente será de un 40% ya que se debe considerar que en el proceso de transesterificación se involucrarán las corrientes provenientes del primer decantador cuyo contenido de NaOCH_3 será del 1% de la cantidad de TG de la corriente G.

La CORRIENTE I entonces será la fase liviana, aquella que contiene principalmente triglicérido, éster, metanol y jabón.

Dicha corriente tendrá la misma cantidad de esteres y triglicéridos proveniente de la corriente G ya que por su densidad estos se concentrarán por encima del glicerol en el decantador, mientras que el contenido de:

$$\text{Jabón}_I = \text{CORRIENTE G (Jabón)} \times 0,80$$
$$0,29 \times 0,80$$

$$\text{Jabón}_I = 0,232 \text{ Tn / h}$$

$$\text{MT} = \text{CORRIENTE G (MT)} \times 0,40$$
$$0,1283 \times 0,40$$



$$\mathbf{MT_I = 0,051 \text{ Tn/h}}$$

La CORRIENTE J, se destinará al tanque de almacenamiento para un post-tratamiento de la glicerina, para que esta pueda ser purificada.

En función al porcentaje que hemos tomado de la CORRIENTE I, con respecto al jabón y al metanol, en la CORRIENTE J trabajaremos con el 60% de metanol, el 20% de jabón y la totalidad de la fase pesada proveniente de la CORRIENTE G siendo glicerol y metoxido de sodio.

$$\text{Jabón}_J = \text{CORRIENTE G (Jabón)} \times 0,20$$

$$0,29 \times 0,20$$

$$\mathbf{\text{Jabón}_J = 0.059 \text{ Tn / h}}$$

$$\text{MT} = \text{CORRIENTE G (MT)} \times 0,60$$

$$0,1283 \times 0,60$$

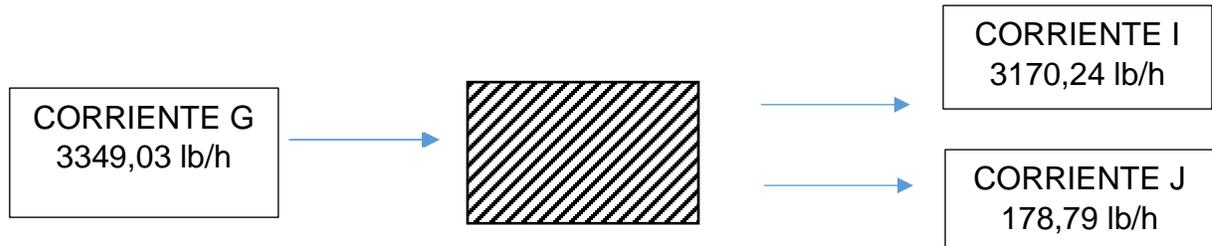
$$\mathbf{\text{MT}_J = 0,076 \text{ Tn/h}}$$

El balance de masa del decantador 2, será:

$$\text{CORRIENTE G} = 3349,03 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE I} = 3170,24 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE J} = 178,79 \text{ lb/h}$$



Podemos contemplar que la corriente I, es la corriente que presenta mayor valor ya que esta, se destinará al segundo reactor, RX-102 para generar el proceso de transesterificación. Mientras que la corriente J, **la trabajaremos luego para la refinación de la glicerina.**

El reactor de transesterificación (RX-102) , recibirá la corriente I y la corriente K.

La corriente K representará el contenido de metanol, el ingreso del metanol en exceso generará que la reacción se desplace hacia la derecha favoreciendo la formación del éster, con una **conversión del 99%.**

A continuación detallaremos el contenido de la corriente K y la corriente predecesora del RX-102, siendo la corriente L.

$$\begin{aligned} \text{CORRIENTE K} &= \text{CORRIENTE F} - \text{CORRIENTE F (fracción)} \\ &= 0,2378 \text{ Tn/h MT exceso} - 0,2235 \text{ Tn/h MT} \end{aligned}$$

$$\text{CORRIENTE K} = 0,013 \text{ Tn/ h MT o } 31,52 \text{ lb/ h}$$



La corriente de salida del **Rx-102, CORRIENTE L**, se constituye de la siguiente forma:

Por medio del triglicérido, glicerol, jabón, éster, metanol, metóxido de sodio.

La corriente presenta 3201,76 lb/h.

$$- \text{ TG (Triglicérido)} = \text{CORRIENTE A} \times (1 - 0,99) + 1,31()$$

$$1,13089 \times (1 - 0,99) + 1,31$$

COMPOSICIÓN TG_G: 1,321 Tn/h

$$- \text{ GL (Glicerol)} = \text{PM GL} / \text{PM TG} (\text{TG}_I - \text{TG}_L) + 1,725()$$

$$93,92 / 875 \times (0,1696 - 0,013) + 1,725$$

COMPOSICIÓN GL_L: 1,741 Tn/h

$$- \text{ Jabón} = \text{AGL} \times \text{PM Jabón} / \text{PM AGL} + \text{Jabón I} + 0,483()$$

$$0,0002738 \times 1000 \times 300 / 280 + 0,2370 + 0,483$$

COMPOSICIÓN JABÓN_L: 1,0162 Tn/h

$$- \text{ Ester} = \text{CORRIENTE I (TG)} \times 3/1 \times \text{PM ester} / \text{PM TG} \times (\text{TG}_I - \text{TG}_L) + 131,8()$$

$$0,1696 \times 3/1 \times 297,48 / 875 \times (0,1696 - 0,013) + 131,8$$

COMPOSICIÓN Ester_L: 131,82 Tn/h

$$- \text{ MT} = \text{CORRIENTE K} + \text{CORRIENTE I (MT)} - 3/1 \times \text{PM MT} / \text{PM TG} \times (\text{TG}_I - \text{TG}_L) + 9,84()$$



$$= 0,0143 + 0,05132 - 3/1 \times 32 / 875 \times (0,1696 - 0,013) + 9,84$$

COMPOSICIÓN MT_L : 10,03 Tn/h

$$- \text{NaOCH}_3 = \text{AGL} \times \text{PM NaOCH}_3 / \text{PM AGL}$$

$$0,0002738 \times 54,03 / 280$$

COMPOSICIÓN NaOCH_3 : 0,000052 Tn/h

Utilizaremos otro decantador, para separarse la fase de biodiesel y la fase de glicerina, es decir, a partir de este punto se separarán los procesos para poder constituir la obtención del Biodiesel y la obtención de los sub-producto como lo es la glicerina para este proceso.

Las corrientes predecesoras serán:

- **CORRIENTE M**
- **CORRIENTE N**

La corriente M, es la corriente de fase liviana, la misma estará integrada por éster, triglicérido, metanol y jabón. Respecto de la corriente N, estará constituida por glicerina, metóxido de sodio, metanol y jabón.

La corriente de salida del decantador, **CORRIENTE M**, se constituye de la siguiente forma:

La corriente presenta 3009,65 lb/h.

- TG (Triglicérido) = CORRIENTE L



$$= 1,321 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN TG_M: 1,321 Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{ Jabón} &= \text{CORRIENTE L (Jabón)} \times 0,10 \\ &1,0162 \text{ Tn/h} \times 0,10 \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN JABÓN_M: 0,10162 Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{ Ester} &= \text{CORRIENTE L (Ester)} \\ &= 131,82 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN Ester_M: 131,82 Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{ MT} &= \text{CORRIENTE L (MT)} \times 0,40 \\ &= 10,03 \times 0,40 \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN MT_M: 4,012 Tn/h

La corriente de salida del decantador, **CORRIENTE N**, se constituye de la siguiente forma:

La corriente presenta 192,11 lb/h.

$$\begin{aligned} - \text{ GL (Glicerol)} &= \text{CORRIENTE L (GL)} \\ &= 1,741 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN GL_N: 1,741 Tn/h



$$\begin{aligned} - \text{ Jabón} &= \text{CORRIENTE L (Jabón)} \times 0,90 \\ &= 1,0162 \times 0,90 \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN JABÓN_N: 0.9145Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{ MT} &= \text{CORRIENTE L (MT)} \times 0,60 \\ &= 10,03192554 \times 0,60 \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN MT_L : 6,0186 Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{ NaOCH}_3 &= \text{CORRIENTE L (NaOCH}_3) \\ &= 0,000052 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN NaOCH₃: 0,000052 Tn/h

La corriente M, irá al tanque de lavado, al igual que la corriente O proveniente del Tk-04 de HCl (10 N) y la corriente P de agua proveniente del Tk-05 (tanque de agua)

Esta última corriente sufría un aumento de temperatura, siendo unos 75°C con el fin de disminuir los tiempos de residencia.

Para poder neutralizar el jabón presente en la corriente M, debemos considerar el agregado de HCl, para que los jabones se conviertan en ácidos.





Por lo cual, si analizamos el contenido de la corriente M, la cantidad de jabón a neutralizar será 210,67 lb/h o 0,095 Tn/h

A continuación realizaremos los balances estequiométricos para hallar la cantidad de HCl correspondiente.

$$95,55 \text{ kg/h Jabón} \times \frac{1 \text{ Kgmol}}{303 \text{ kg Jabón}} = 0.3158 \text{ kgmol de Jabón}$$

Acudiendo a la ecuación observamos que es una relación 1:1 por lo cual tendremos 0,3158 kgmol de HCl., por lo cual la cantidad de HCl será:

$$0.3158 \text{ kgmol de HCl} \times \frac{36,461 \text{ kg HCl}}{1 \text{ kg mol}} = 11 \text{ kg HCl o } 0,01149 \text{ Tn/h o } 25,34 \text{ lb/h}$$

La CORRIENTE O, se compone por 25,34 lb/h a una concentración de 10 N.

Como hemos mencionado, la cantidad de jabón presente en la corriente M es 210,67 lb/h como el jabón presenta una estructura anfifílica o también llamadas anfipáticas, que son aquellas moléculas que poseen un extremo hidrofílico, es decir, que es soluble en agua, y otro que es hidrófobo, lo cual significa que rechaza el agua.

Cuando se pretende lavar el biodiesel, la parte apolar se orienta hacia el aceite, mientras que la parte polar queda orientada hacia las moléculas de agua: de esta manera se remueven las impurezas, ya que emulsiona en el baño.

El contenido de agua para lavar el éster **deberá ser de un 30 %¹⁴**, por lo cual la cantidad de agua que presentará la corriente P, será:

$$\text{CORRIENTE P} = \text{CORRIENTE M (Jabón)} \times 0,30$$



$$\begin{aligned} &= 210,67 \times 0,30 \\ &= 63,20 \text{ lb/h.} \end{aligned}$$

CORRIENTE P = 63,20 lb/h de H₂O o 0,028 Tn/h

Debemos considerar que la corriente se calentará a unos 75°C por lo cual presentará variaciones físicas, la corriente que saldrá del intercambiador la denominaremos CORRIENTE P_{HOT}.

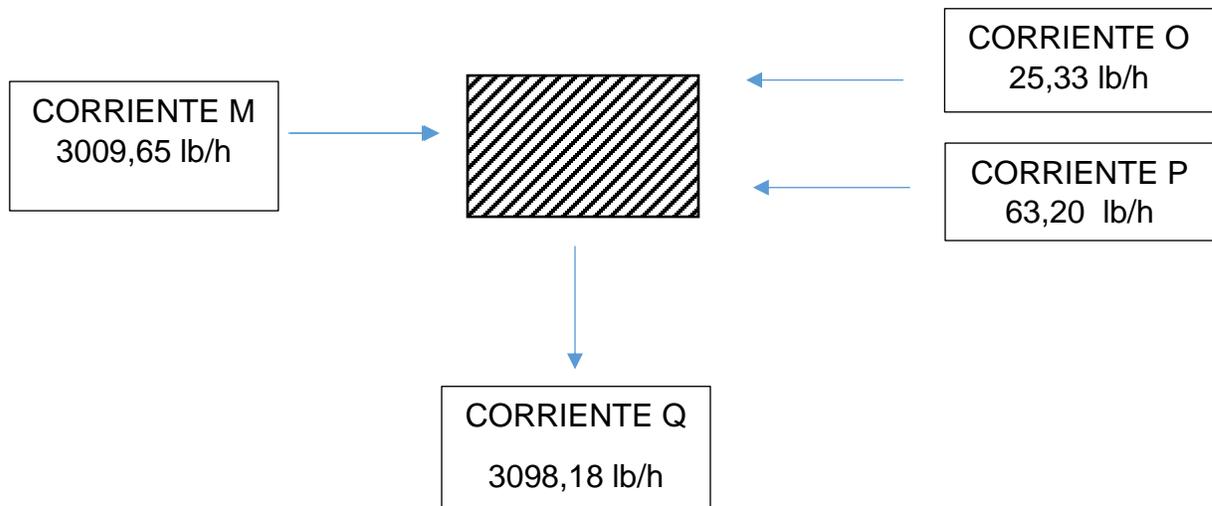
El balance de masa en la unidad de lavado, será:

$$\text{CORRIENTE M} = 3009,65 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE O} = 25,33 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE P} = 63,20 \text{ lb/h}$$

$$\text{CORRIENTE Q} = 3098,18 \text{ lb/h}$$



La corriente Q, se compone por:



Triglicéridos, glicerol, jabón, éster, metanol, agua, cloruro de sodio, ácido clorhídrico y ácidos grasos libres.

COMPONENTES	Tn/h
TG	0,014
GL	0,098
Jabón	0,084
Ester	1,314
MT	0,098
H ₂ O	0,018
NaCl	0,009
HCl	0,031
AGL	0,056

La corriente Q ingresará a la centrifuga, con el fin de obtener la anteúltima corriente liviana para la obtención del biodiesel.

Las corrientes predecesoras de la unidad de centrifugado serán:

- **CORRIENTE R**

- **CORRIENTE V**

La corriente de salida de la centrifuga, **CORRIENTE R**, se constituye de la siguiente forma:

La corriente presenta 2956,39 lb/h. se constituye por éster, triglicérido y agua.



COMPONENTES	Tn/h	%
Ester	1,314	0,98
TG	0,014	0,01
H ₂ O	0,018	0,01

La corriente R, para cumplimentar los requisitos legales- (Res. 129/01) deberá presentar un mínimo de 100°C su punto de inflamación.

Los valores de punto de humo, de inflamación y de combustión son importantes para saber la estabilidad térmica de un aceite cuando se calientan en presencia de aire.

Los triglicéridos empiezan a descomponerse a los 260°C. La acroleína es el primer compuesto que empieza la combustión y sus humos indican que se ha alcanzado el punto de humeo. A medida que se va aumentando la temperatura, se alcanza el punto de inflamación.

El punto de humeo se refiere al punto de calentamiento de una sustancia, por lo cual antes de ingresar al flash la corriente procede a calentarse a 107°C.

La otra corriente de salida de la centrifuga, **CORRIENTE V**, se constituye de la siguiente forma:

La corriente presenta 141,79 lb/h. se constituye por:

- GL (Glicerol) = CORRIENTE Q (GL)



$$= 0.098 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN GL_v: 0,098 Tn/h

- Jabón = CORRIENTE Q (Jabón)

$$= 0,084 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN JABÓN_v: 0,084 Tn/h

- MT = CORRIENTE Q (MT)

$$= 0,098 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN MT_v: 0,098 Tn/h

- NaCl = CORRIENTE Q (NaCl)

$$= 0,009 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN NaCl_v: 0,009 Tn/h

- HCl = CORRIENTE Q (HCl)

$$= 0,031 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN HCl_v: 0,031 Tn/h

- AGL = CORRIENTE Q (AGL)

$$= 0,056 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN AGL_v: 0,056 Tn/h



La corriente R caliente ($R_{107^{\circ}\text{C}}$), ingresa al **flashing**. Este tipo de operación unitaria pretende discriminar al vapor y al líquido, el líquido saturado será el Biodiesel mientras que el vapor producido contendrá agua y vestigios de metanol. La corriente de salida del flashing respecto de la cabeza del mismo se encuentra enriquecido en el componente más volátil que el líquido remanente siendo metanol.

La corriente de salida del flash, **CORRIENTE E**, se constituye de la siguiente forma:

La corriente presenta 2869,97 lb/h. se constituye por Éster y triglicérido. El contenido de éster es al 99%, siendo este la especificación óptima para depositarlo en el Tk-06.

El Tk-06 corresponderá al almacenamiento de Biodiesel.

La otra corriente de salida del flash, **CORRIENTE T**, se constituye por agua. El contenido de agua es de 86,42 lb/h. La corriente T, se enfría.

Luego de llegar a la finalización de la fase de biodiesel, procedemos a la fase de glicerina.

La fase de glicerina (glicerina cruda) se compone por:

- **CORRIENTE J**
- **CORRIENTE N**
- **CORRIENTE V**

Estas corrientes ingresan al mixer dando la corriente U para luego ingresar a otro mixer en conjunción con la corriente T y posteriormente al evaporador, siendo la corriente que ingresa, corriente UT.



Los evaporadores tipo flash son los más eficientes para recuperar el metanol, lo que se hace es calentar la glicerina cruda hasta unos 65-70 °C, al equipo se lo somete a 0,5 atm con el fin de condensar a menor temperatura. A medida que disminuye la cantidad de metanol, es decir, a medida que se separa, el punto de ebullición de la glicerina tiende a aumentar para continuar evaporándose el metanol se puede aumentar la temperatura a 100°C, ya que la glicerina comienza a burbujear y es allí donde el metanol se ha evaporado por completo¹⁵.

La corriente que ingresa al evaporador tipo flash, es la CORRIENTE UT, la misma presenta un aumento de temperatura con un pre-calentador a lo cual denominaremos UT_{100°C.}, del flashing preceden dos corrientes:

- **CORRIENTE F**
- **CORRIENTE X**

Para continuar con los cálculos debemos evaluar la corriente predecesora del mixer, corriente UT.

La misma se compone por glicerol, jabón, metanol, metóxido de sodio, cloruro de sodio, ácido clorhídrico, ácidos grasos libres y agua.

$$\begin{aligned} - \text{GL (Glicerol)} &= \text{CORRIENTE U (GL)} \\ &= 1,961 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN GL_{UT}: 1,961 Tn/h



- Jabón = CORRIENTE U (Jabón)
= 1,181 Tn/h

COMPOSICIÓN JABÓN_{UT}: 1,181 Tn/h

- MT = CORRIENTE U (MT)
= 6,194Tn/h

COMPOSICIÓN MT_{UT}: 6,194 Tn/h

- NaOCH₃ = CORRIENTE U (NaOCH₃)
= 0,3882 Tn/h

COMPOSICIÓN NaOCH₃_{UT}: 0,3882 Tn/h

- NaCl = CORRIENTE U (NaCl)
= 0,0097Tn/h

COMPOSICIÓN NaCl_{UT}: 0,0097 Tn/h

- HCl = CORRIENTE U (HCl)
= 0,03162 Tn/h

COMPOSICIÓN HCl_{UT}: 0,03162 Tn/h

- AGL = CORRIENTE U (AGL)
= 0,0562 Tn/h

COMPOSICIÓN AGL_{UT}: 0,0562 Tn/h

- H₂O = CORRIENTE U (H₂O)



$$= 0,0392 \text{ Tn/h}$$

COMPOSICIÓN H_2O_{UT} : 0,0392 Tn/h

Como hemos comentado con anterioridad del flashing preceden las corrientes W y corriente X, las mismas se componen de la siguiente forma:

La corriente F, es la corriente de reciclo, ésta irá al tanque de metanol Tk-02. Hemos analizado bibliografías sobre el reciclo de metanol y se propone una recirculación del 35% por lo cual, el 35% será 185,12 lb/h.

$$\begin{aligned} - \text{CORRIENTE F (MT)} &= \text{CORRIENTE UT} * 0.35 \\ &= 0,0839 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN MT_F : 0,0839 Tn/h

Respecto de la corriente X, presenta 413,98 lb/h componiéndose por:

Glicerol, Jabón, metoxido de sodio, cloruro de sodio, ácido clorhídrico, ácido grasos libres y agua.

Para neutralizar el ácido clorhídrico en exceso de la corriente X, se utiliza una solución de hidróxido de sodio (40% P/P), el cual es diluido con un flujo de agua.

Contenido de la corriente X en función al ácido clorhídrico es de 0,0316 Tn/h por lo cual la cantidad de NaOH al 40 % que deviene del Tk-07 deberá ser:





$$0,031 \text{ Tn/h HCl} \times \frac{1 \text{ Tn mol}}{36,5 \text{ Tn}} \times \frac{1 \text{ Tn mol NaOH}}{1 \text{ Tn mol HCl}} \times \frac{40 \text{ Tn}}{1 \text{ Tn mol NaOH}} = 0,0339 \text{ Tn/h NaOH}$$

Siendo el limitante el hidróxido de sodio, evaluaremos en función de este:

$$0,0339 \text{ Tn/h NaOH} \times \frac{1 \text{ Tn mol}}{40 \text{ Tn}} \times \frac{1 \text{ Tn mol ClNa}}{1 \text{ Tn mol NaOH}} \times \frac{58,44 \text{ Tn}}{1 \text{ Tn mol ClNa}} = 0,0495 \text{ Tn/h ClNa}$$

$$0,0339 \text{ Tn/h NaOH} \times \frac{1 \text{ Tn mol}}{40 \text{ Tn}} \times \frac{1 \text{ Tn mol H}_2\text{O}}{1 \text{ Tn mol NaOH}} \times \frac{18 \text{ Tn}}{1 \text{ Tn mol H}_2\text{O}} = 0,015 \text{ Tn/h H}_2\text{O}$$

El contenido que sale del Tk-07 por hora es 0,0339 Tn, siendo esta la corriente Y.

La corriente que sale del mixer es la corriente XY, la misma se compone por:

Glicerol, Jabón, NaOCH₃, NaCl, AGL y H₂O el contenido de HCl ya no se encuentra porque estequiometricamente ha pasado a ser cloruro de sodio y agua.

- GL (Glicerol) = CORRIENTE X (GL)

= 0,1950 Tn/h

COMPOSICIÓN GL_{XY}: 0,1950 Tn/h

- Jabón = CORRIENTE X (Jabón)

= 0,085 Tn/h

COMPOSICIÓN JABÓN_{XY}: 0,085 Tn/h



$$\begin{aligned} - \text{NaOCH}_3 &= \text{CORRIENTE X (NaOCH}_3) \\ &= 0,027 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN NaOCH_3_{XY} : 0,027 Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{NaCl} &= \text{CORRIENTE X (NaCl)} \\ &= 0,0501 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN NaCl_{XY} : 0,0501 Tn/h

$$\begin{aligned} - \text{AGL} &= \text{CORRIENTE X (AGL)} \\ &= 0,0316 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN AGL_{XY} : 0,0316 Tn/h

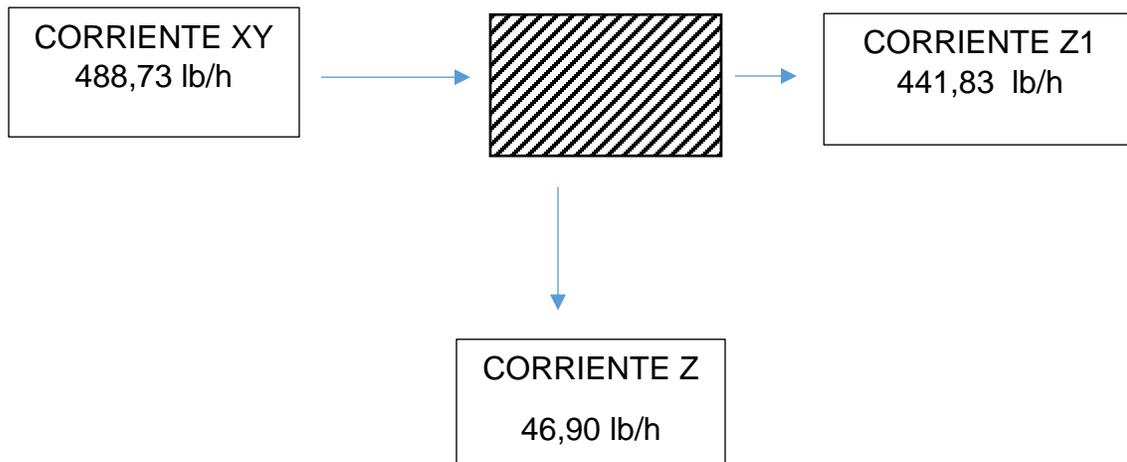
$$\begin{aligned} - \text{H}_2\text{O} &= \text{CORRIENTE X (H}_2\text{O)} \\ &= 0,0189 \text{ Tn/h} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN H_2O_{XY} : 0,0189 Tn/h

La corriente XY, se introduce al decantador. En el decantador proceden dos corrientes:

- **CORRIENTE Z**
- **CORRIENTE Z1**

La corriente Z, se compone por Jabón, metóxido de sodio, cloruro de sodio, ácidos grasos libres y contiene 46,90 lb/h, corriente que irá al tanque Tk-08. La obtención deviene de:



La corriente de glicerina acuosa (Z1) es el 90,40% de la corriente que deviene del evaporador.

La corriente de glicerina acuosa, ingresa a la columna de destilación, separándose el agua residual (Z2) de la glicerina teórica (Z3).

La corriente Z2, tendrá un valor de agua de 11,93 lb/h el mismo se almacenará en el tanque de agua (Tk-05), el cuanto a la **glicerina teórica presenta una conversión del 88%** siendo un valor de 429,90 lb/h.o 0,1949 Tn/h, la corriente Z3 irá al tanque de glicerina (Tk-9).

La producción anual de glicerina es de 1708,19 Tn.



Comparando los datos obtenidos con una empresa de biodiesel, las relaciones son:

Empresa de biodiesel	Datos obtenidos
120.000 Tn/año BD	10.000 Tn /año BD
15.750 Tn/año GL (80%)	1.708,19 Tn/ año GL (88%)
Relación 13%	Relación 17%

Por lo cual, los datos que hemos obtenido son razonables.



INGENIERÍA DE DETALLE

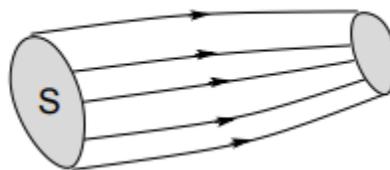


10. DISEÑO – ESPECIFICACIÓN

10.1 CORRIENTES

10.1.1 GENERAL

Se define línea corriente a la curva, cuya tangente en un punto cualquiera tiene la dirección de la velocidad del fluido en ese punto. En el régimen estacionario las líneas de corriente coinciden con las líneas de flujo. Si dibujamos todas las líneas de corriente que pasan por el contorno de un elemento del fluido de área S (ver esquema) estas líneas rodean un tubo denominado tubo de flujo o tubo de corriente. En virtud de la definición de línea de corriente el fluido no puede atravesar las paredes de un tubo de flujo y en régimen estacionario no puede haber mezcla de fluidos de dos tubos diferentes.





10.1.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

La cantidad de corrientes que presenta el proyecto son: 33 corrientes.

A continuación, se describirán las entradas y salidas de las mismas.

CORRIENTE A	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE DE COLZA-OIL (TK-01)	REACTOR DE ESTERIFICACIÓN (RX-101)

CORRIENTE B	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE DE METANOL (TK-02)	MIXER -01 (MX-01)

CORRIENTE C	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE DE HIDROXIDO DE SODIO (TK-03)	MIXER -01 (MX-01)

CORRIENTE D	
PARTIDA	LLEGADA
MIXER -01	PUNTO DE UNIÓN CON F –FRACCIÓN



CORRIENTE D	
PARTIDA	LLEGADA
MIXER -01	PUNTO DE UNIÓN CON F -FRACCIÓN

CORRIENTE D1	
PARTIDA	LLEGADA
PUNTO DE UNIÓN CON F -FRACCIÓN	DECANTADOR D-1

CORRIENTE D2	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR D-1	REACTOR DE ESTERIFICACIÓN (RX-101)

CORRIENTE F -FRACCIÓN	
PARTIDA	LLEGADA
PUNTO DE SEPARACIÓN DE LA CORRIENTE F	PUNTO DE UNIÓN CON F -FRACCIÓN (CORRIENTE D-CORRIENTE D1)

CORRIENTE G	
PARTIDA	LLEGADA
REACTOR DE ESTERIFICACIÓN (RX-101)	DECANTADOR D-2



CORRIENTE I	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR D-2	REACTOR DE TRANSESTERIFICACIÓN (RX-102)

CORRIENTE K	
PARTIDA	LLEGADA
PUNTO DE SEPARACIÓN DE LA CORRIENTE F	REACTOR DE TRANSESTERIFICACIÓN (RX-102)

CORRIENTE L	
PARTIDA	LLEGADA
REACTOR DE TRANSESTERIFICACIÓN (RX-102)	DECANTADOR D-3

CORRIENTE M	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR D-3	FLASH LAVADO-NEUTRALIZADO

CORRIENTE F	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE DE METANOL (TK-03)	FLASH LAVADO-NEUTRALIZADO



CORRIENTE F	
PARTIDA	LLEGADA
FLASHING-02 (FL-02)	TANQUE DE METANOL (TK-03)

CORRIENTE O	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE DE HCl (Tk-04)	FLASH LAVADO-NEUTRALIZADO

CORRIENTE P	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE DE AGUA (Tk-05)	FLASH LAVADO-NEUTRALIZADO

CORRIENTE J	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR D-2	MIXER (MX-02)

CORRIENTE V	
PARTIDA	LLEGADA
CENTRIFUGA (CF-01)	MIXER (MX-02)

CORRIENTE N	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR D-3	MIXER (MX-02)



CORRIENTE U	
PARTIDA	LLEGADA
MIXER (MX-02)	MIXER (MX-03)

CORRIENTE Q	
PARTIDA	LLEGADA
FLASH LAVADO-NEUTRALIZADO	CENTRIFUGA (CF-01)

CORRIENTE R	
PARTIDA	LLEGADA
CENTRIFUGA (CF-01)	FLASHING(FL-01)

CORRIENTE T	
PARTIDA	LLEGADA
FLASHING(FL-01)	MIXER (MX-03)

CORRIENTE E	
PARTIDA	LLEGADA
FLASHING(FL-01)	TANQUE DE BIODIESEL (Tk-06)



CORRIENTE UT	
PARTIDA	LLEGADA
MIXER (MX-03)	FLASHING(FL-02)

CORRIENTE Y	
PARTIDA	LLEGADA
TANQUE HIDROXIDO DE SODIO (40%)	MIXER (MX-04)

CORRIENTE X	
PARTIDA	LLEGADA
FLASHING (FL-02)	MIXER (MX-04)

CORRIENTE XY	
PARTIDA	LLEGADA
MIXER (MX-04)	DECANTADOR (D-4)

CORRIENTE Z	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR (D-4)	TANQUE DE SALES (TK-08)

CORRIENTE Z1	
PARTIDA	LLEGADA
DECANTADOR (D-4)	COLUMNA RECTIFICADORA (RC-01)



CORRIENTE Z2	
PARTIDA	LLEGADA
COLUMNA RECTIFICADORA (RC-01)	TANQUE DE AGUA (Tk-05)

CORRIENTE Z3	
PARTIDA	LLEGADA
COLUMNA RECTIFICADORA (RC-01)	TANQUE DE GLICERINA (Tk-09)

10.1.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

El tipo de flujo que consideraremos es laminar, las partículas se mueven en direcciones paralelas formando capas o láminas, el fluido es uniforme y regular. En la zona dentro del tanque de transesterificación, utilizaremos un agitador para generar distintos movimientos fluidos por lo cual tendrá una leve tendencia a ser turbulento, pero solo en ese sector.

Las corrientes, se encuentran alojadas en las cañerías.

Las cañerías se clasifican de la siguiente forma:

- Cañerías destinadas a conducir productos de servicio (agua, vapor, combustible, etc.).
- Cañerías destinadas a conducir materias primas, productos en proceso y productos terminados.

La identificación de cañerías se establece según NORMA IRAM 2507.

Las cañerías destinadas a servicios, tendrá distintos colores en función al servicio.



Producto	Color fundamental
Elementos para la lucha contra el fuego (sistemas de rociado, bocas de incendio, agua de incendio, ignífugos, etc.)	Rojo
Vapor de agua	Naranja
Combustibles (líquidos y gases)	Amarillo
Aire comprimido	Azul
Electricidad	Negro
Vacío	Castaño
Agua fría	Verde
Agua caliente	Verde con franjas naranja

Las cañerías destinadas a conducir productos **terminados** o **en proceso** de fabricación que sean inofensivos para la seguridad personal se identifican pintándolos de color gris en toda su longitud, cualquiera sea el producto que conduzcan.

Las cañerías destinadas a conducir materias primas, productos terminados o en proceso de fabricación que sean peligrosos para la seguridad personal, se identifican en la forma siguiente: Color fundamental: Se pintan de color gris en toda su longitud. Color secundario: Se pintan sobre el color fundamental franjas de color naranja.

A continuación se detallan los colores de las corrientes que presentan nuestro proyecto.

CORRIENTE	COLOR
CORRIENTE A	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE B	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE C	GRIS FRANJAS NARANJAS



CORRIENTE D	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE D1	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE D2	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE F FRACCIÓN	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE F	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE K	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE H	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE G	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE I	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE L	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE J	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE N	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE U	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE L	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE M	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE O	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE P	VERDE CON FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE Q	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE R	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE T	VERDE
CORRIENTE E	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE UT	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE X	GRIS FRANJAS NARANJAS



CORRIENTE Y	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE XY	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE Z	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE Z1	GRIS FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE Z2	VERDE CON FRANJAS NARANJAS
CORRIENTE Z3	GRIS FRANJAS NARANJAS

10.2 BOMBAS

10.2.1 GENERAL

El desplazamiento de fluidos, líquidos o gases (en ocasiones incluso con sólidos en suspensión) se desarrolla normalmente en sistemas de flujo, más o menos largos y complejos que implican conducciones rectas, generalmente cilíndricas de diámetros variados, enlazadas por uniones convenientes, curvaturas, codos, válvulas, etc. A través de estos sistemas el fluido sólo fluye espontáneamente si su energía total disminuye en la dirección del flujo. De no ser así, habrá que comunicarle energía desde el exterior mediante dispositivos tales como bombas, en el caso de líquidos, o compresores, soplantes o ventiladores, en el caso de gases. Tal aporte de energía puede invertirse en aumentar la velocidad, la altura o la presión del fluido. La cuantía de la energía que deberá suministrarse a un fluido para conseguir su desplazamiento por un sistema determinado dependerá de su caudal, de la altura a que deba elevarse, de la presión con que se requiera



al final de su recorrido, de las longitudes y diámetros de los tramos rectos de conducción, de los accidentes (ensanchamientos, estrechamientos, curvaturas, válvulas, codos, etc.) intercalados entre ellos y de sus propiedades físicas, fundamentalmente su viscosidad y su densidad.

Para llevar a cabo el diseño de las bombas se debe diseñar las tuberías que componen las distintas líneas de proceso que se dividirán éstas en tramos, cada uno de los cuales estará formado por la porción de línea comprendida entre dos equipos consecutivos. De esta forma los diferentes aspectos a calcular (diámetro óptimo de la conducción, pérdidas de carga, etc.) se evaluarán independientemente para cada uno de estos tramos. La definición y descripción de los diferentes tramos de tubería se realizará sobre el correspondiente diagrama de flujo, usándose para designar cada uno de ellos los nombres de los equipos que constituyen su principio y su final.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta para el diseño del sistema de tuberías sistema es el de la velocidad que alcanza el fluido por el interior de las conducciones. Dicha velocidad, en el caso de la circulación isoterma de fluidos incompresibles, viene determinada por el caudal y el diámetro de la sección interna de la conducción, y para cada fluido tiene un valor máximo que no debe ser sobrepasado, ya que de lo contrario puede producirse un deterioro del producto por tratamiento mecánico inadecuado. Los valores aproximados que se usan en la práctica dependen del tipo de fluido que se trate, pero los más corrientes se recogen en la Tabla 10.2.1. Los valores de la tabla son los más



corrientes en la práctica ordinaria, sin embargo, en condiciones especiales, pueden requerirse velocidades que están fuera de los intervalos indicados. Las velocidades pequeñas han de ser las más utilizadas, especialmente cuando el flujo es por gravedad desde tanques elevados (McCabe et al., Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 4ª Ed., McGraw-Hill, 1991).

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Tabla 10.2.1 – Velocidades recomendadas para fluidos en cañerías.

Para la limpieza, la velocidad de las soluciones detergentes o del líquido para el aclarado, no debe ser menor de 1.5 m/s. Así, para un caudal determinado del fluido a bombear, imponiendo la velocidad máxima del mismo, se determina de forma inmediata el diámetro mínimo de la conducción. Deberá escogerse, en cualquier caso, el diámetro normalizado inmediatamente superior a dicho valor mínimo. Dicho valor es lo que se conoce como el **diámetro óptimo** de la conducción, pues representa el menor coste posible, cumpliendo las exigencias en cuanto a la velocidad de máxima de circulación del fluido por la misma.



Luego se calcula el rozamiento de un fluido con las paredes de la tubería por la que circula provoca en el mismo una caída de presión. Conocer el valor de esta caída de presión es necesario de cara al cálculo de las bombas, pero también para comprobar que el diámetro elegido para la conducción es suficiente, pues de ser éste muy pequeño la pérdida de carga que se produzca será muy elevada. En este sentido se consideran valores razonables de caída de presión en una conducción los siguientes (para caudales de 0 a 60 m³ /h):

- Zona de aspiración de bombas: 0.40 kg/cm² (0.39 bar)
- Zona de impulsión de bombas: 0.6 a 0.8 kg/cm² (0.59 a 0.78 bar)

De esta forma, al realizar el cálculo de las pérdidas de carga, se procurará que, en la medida de lo posible, no superen los valores anteriores. Si esto sucediere habrá de aumentarse el diámetro de la conducción por encima del que recomienda la velocidad de circulación máxima del fluido, de modo que la pérdida de carga disminuya. Sin embargo, en algunos casos, no será posible incrementar dicho valor ya que éste se halla igualmente limitado por el diámetro de las conexiones de los equipos (sobre el que ha de informar el fabricante).

Existen varios tipos de bombas utilizaremos:

1. Bombas centrífugas, muy extendidas, cuentan con una gran variedad de aplicaciones. Están especialmente indicadas para el manejo de productos de baja viscosidad, no siendo aptas para líquidos fuertemente aireados. Este tipo de bomba es el que se debe utilizar siempre que la aplicación concreta lo permita, ya que es la más barata en cuanto a compra, operación y mantenimiento, y también la más adaptable a diferentes condiciones de operación. Se recurrirá a



ella para el bombeo de todo tipo de líquidos de relativamente baja viscosidad y que no requieran un tratamiento particularmente suave.

2. Bombas de desplazamiento positivo. Existen diversas clases, como las alternativas (pistón) y las rotativas (lóbulos). Están especialmente indicadas para el bombeo de fluidos extremadamente viscosos.

Respecto del tramo será la Bomba centrífuga.

10.2.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

La cantidad de bombas en nuestro proyecto son: 31, a continuación se detalla el listado; además se debe considerar las bombas de reemplazo.

La terminología “a” para la corriente impulsada es a solo efecto de dar a conocer que las propiedades del fluido no se modifican respecto de la corriente predecesora.

*Respecto de las bombas se contemplan A y B

CORRIENTE A IMPULSAR	BOMBAS*	CORRIENTE IMPULSADA
CORRIENTE A	P-01	CORRIENTE Aa
CORRIENTE B	P-02	CORRIENTE Ba
CORRIENTE C	P-03	CORRIENTE Ca
CORRIENTE D	P-04	CORRIENTE Da
CORRIENTE D1	P-05	CORRIENTE D1a
CORRIENTE D2	P-06	CORRIENTE D2a



CORRIENTE F FRACCIÓN	P-07	CORRIENTE Fa FRACCIÓN
CORRIENTE F	P-08	CORRIENTE Fa
CORRIENTE K	P-09	CORRIENTE Ka
CORRIENTE H	P-10	CORRIENTE Ha
CORRIENTE G	P-11	CORRIENTE Ga
CORRIENTE I	P-12	CORRIENTE Ia
CORRIENTE L	P-13	CORRIENTE La
CORRIENTE J	P-14	CORRIENTE Ja
CORRIENTE N	P-15	CORRIENTE Na
CORRIENTE U	P-16	CORRIENTE Ua
CORRIENTE M	P-17	CORRIENTE Ma
CORRIENTE O	P-18	CORRIENTE Oa
CORRIENTE P	P-19	CORRIENTE Pa
CORRIENTE Q	P-20	CORRIENTE Qa
CORRIENTE R	P-21	CORRIENTE Ra
CORRIENTE T	P-22	CORRIENTE Ta
CORRIENTE E	P-23	CORRIENTE Ea
CORRIENTE UT	P-24	CORRIENTE UTa
CORRIENTE X	P-25	CORRIENTE Xa
CORRIENTE Y	P-26	CORRIENTE Ya
CORRIENTE XY	P-27	CORRIENTE XYa
CORRIENTE Z	P-28	CORRIENTE Za



CORRIENTE Z1	P-29	CORRIENTE Z1a
CORRIENTE Z2	P-30	CORRIENTE Z2a
CORRIENTE Z3	P-31	CORRIENTE Z3a

10.2.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

La bomba a especificar será el tramo del Tk-01 (OIL) al RX-101 (reactor de esterificación).

Los mismos se encuentran en línea recta, el fluido a impulsar saldrá del Tk-01, luego se divide el tramo para pasar a la bomba P-01 A (operativa), se une nuevamente el tramo luego de la bifurcación atraviesa una línea recta y luego un codo de 90°; tramo recto; otro codo de 90°; tramo recto; otro codo de 90°; tramo recto para luego ingresar al RX-101.

Para la elección de la cañería como hemos comentado, seleccionaremos 1 m/s la velocidad del fluido por el interior del caño.

$$Q = vA = \frac{v\pi D^2}{4}$$

Q=CORRIENTE A=1130,89 kg/h: 915 kg/m³ =1,23 m³/h

V=1 m/s =3600 m/h

D= 0,12 m = 4,72 plg

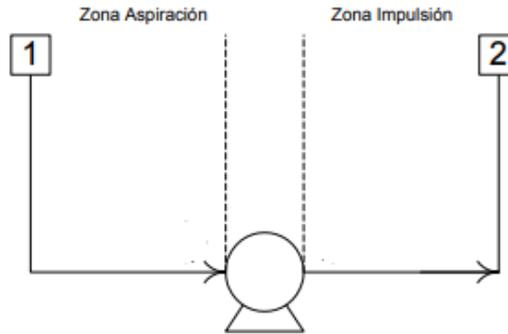


Se selecciona para la succión un caño de diámetro nominal 5 plg, y para la impulsión un caño de diámetro nominal inmediatamente inferior al de succión; como hemos comentado con anterioridad.

EXTREMOS	SCH*	Velocidad (m/s)	Diámetro nominal (plg)	Diámetro interno (cm)
Impulsión	40	1,2	4	0,107
Succión	40	0,8	5	0,132

**SCH: Son caños con costura, biselados (corte 45°) en sus extremos, muy utilizados para la conducción de agua, gas, vapor, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos. desarrollado por el API (American Petroleum Institute) el cual indica que la clasificación de la tubería se realiza según el espesor de dicha tubería. Grado B(Tratamiento Térmico): Schedule 40 * Schedule 40 para bajas presiones*

La **zona de aspiración** es la comprendida entre el tanque o reserva desde donde se bombeará el líquido y la bomba. Por su parte, el tramo situado a la salida de la bomba es lo que se conoce como línea o **zona de impulsión**. La energía que la bomba confiere al fluido se mide en términos de presión y es lo que se conoce como carga de la bomba. La unidad más utilizada para expresar la carga de la bomba es el metro de columna de líquido (m.c.l.). Hay que tener en cuenta que para pasar esta unidad a bar es necesario conocer antes el líquido de que se trata.



Para el cálculo de la potencia requerida para la bomba y el cálculo de la altura neta positiva de aspiración se procede a determinar la caída de presión en la tubería por medio del método de longitud equivalente, utilizando la siguiente figura:

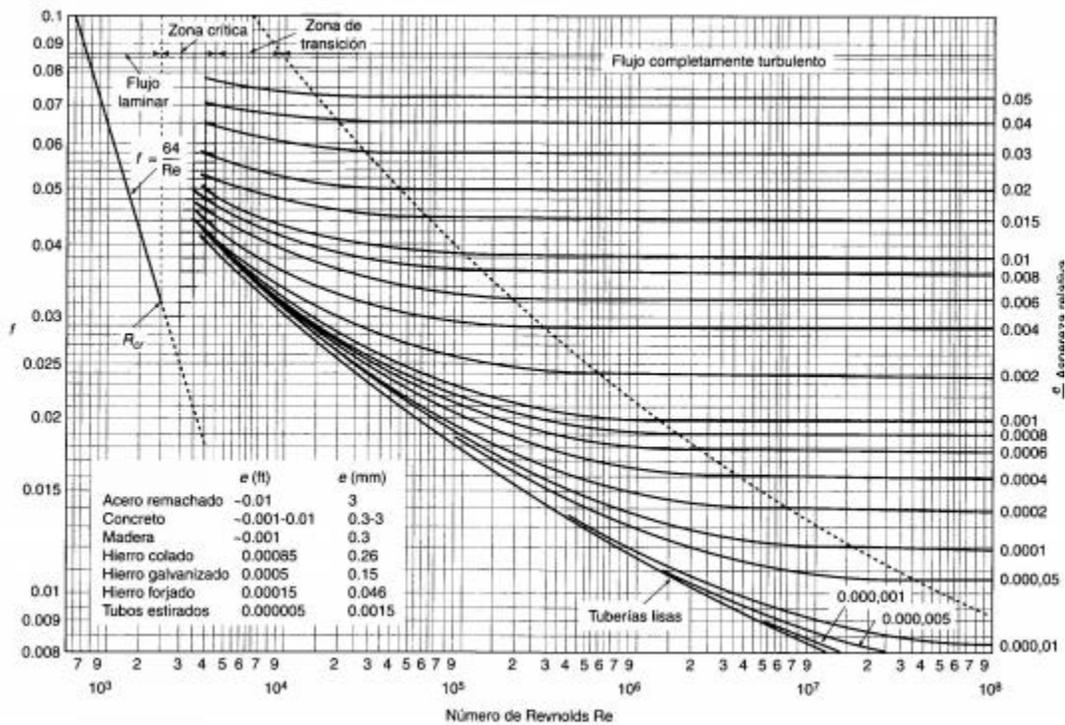
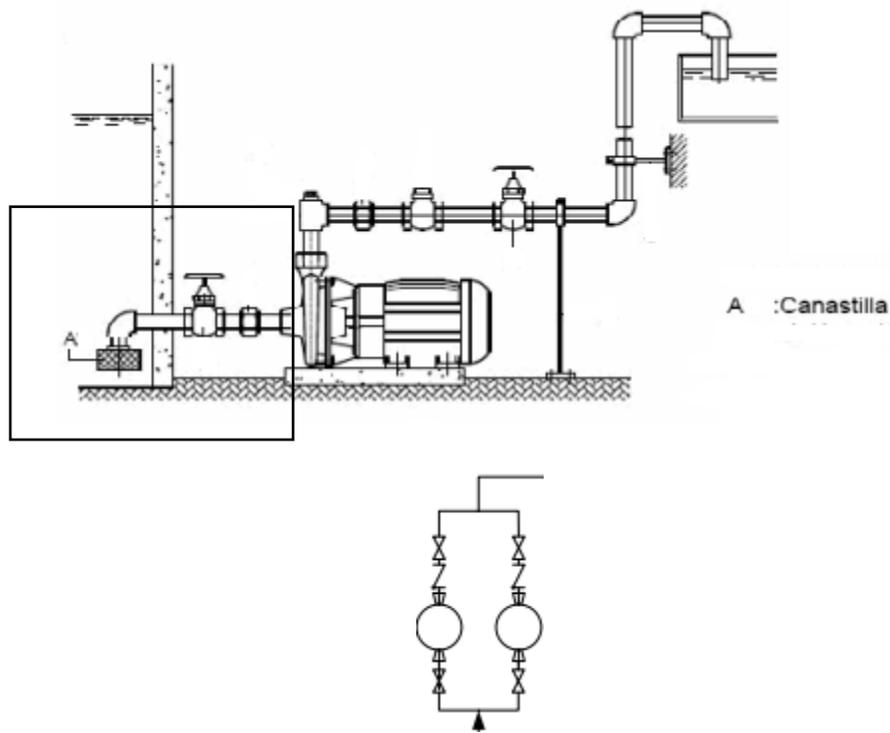


Figura 10.2.3- Diagrama de Moody.

Calculo para la succión/aspiración:



Debemos contemplar;



La válvula reguladora antes del ingreso a la bomba.

Succión /Aspiración		
Accesorios	Cantidad	Long.Equivalente (m)
Contracción brusca	1	1,1
Codo 90°	1	44
Valvula reguladora	1	1
Tramo recto		2
Caño Y	1	4,5
TOTAL		52,6

El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$\rho: 915 \frac{kg}{m^3}$$



$$\mu: 0,07 \frac{kg}{ms}$$

$$V: 0,8 \text{ m/s}$$

$$D: 0,132 \text{ m}$$

Entonces Re: 12862,2

Para acero comercial $\epsilon = 0.045 \text{ mm}$

$$\frac{\epsilon}{D} = 0,000025$$

En la tabla Figura 10.2.3- Long. Equivalente. $f=0,00675$

La pérdida de carga en la succión es:

$$E_v = \frac{1}{2} v^2 e_v$$

V: velocidad: 0,8

$$E_v: 4 L/D * f = 4 * 52,6/0,132 * 0,00675 = 10,75 \text{ (adim)}$$

$$E_v: \text{Pérdida de carga: } 0,5 \times (0,8)^2 \times 10,75 = 3,44 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

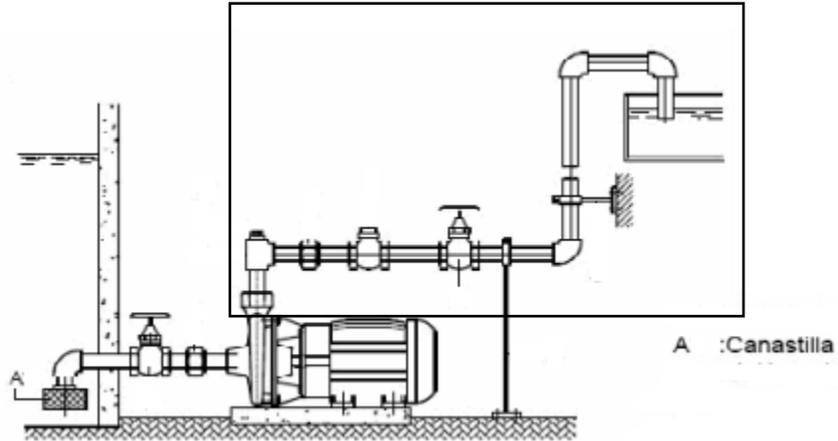
$$\sum_s H_f = E_v \rho =$$

$$3,44 \times 915 = 3147,6 \text{ Pa (kg/ms}^2\text{)}$$

0,3209 m de agua.

Calculo para la impulsión/descarga:

Debemos contemplar;



Impulsión		
Accesorios	Cantidad	Long.Equivalente (m)
Expansión brusca	1	1,1
Codo 90°	4	176
Valvula reguladora	1	1
Valvula retención	1	9
Tramo recto		8,4
Caño Y	1	4,5
TOTAL		200

El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$\rho: 915 \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu: 0,07 \frac{kg}{ms}$$

$$V: 1,2 \text{ m/s}$$

$$D: 0,107 \text{ m}$$

Entonces Re: 1678,37



(Evaluando el resultado con el Re de succión, es correcto ya que la impulsión da un valor más elevado por el aumento de velocidad).

Para acero comercial $\epsilon = 0.045 \text{ mm}$

$$\frac{\epsilon}{D} = 0,00004$$

En la tabla Figura 10.2.3- Long. Equivalente. $f=0,0075$

La pérdida de carga en la succión es:

$$E_v = \frac{1}{2} v^2 e_v$$

V: velocidad: 1,2

$$E_v: 4 L/D * f = 4 * 200/0,107 * 0,0075 = 56,07 \text{ (adim)}$$

$$E_v: \text{Pérdida de carga: } 0,5 \times (1,2)^2 \times 56,07 = 40 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\sum_s H_f = E_v \rho =$$

$$40 \times 915 = 36938,9 \text{ Pa (kg/ms}^2\text{)}$$

3,7 m de agua.

La altura total en la **succión** es:

$$H_s = P_1 + v_1^2/2 \rho + Z_1 - \Sigma H_f$$

Como el punto 1 es el nivel superior del líquido en el tanque, considerando el tanque en un cuarto de su capacidad:

$$P_1 + Z_1 = \rho g h + P_{atm}$$



$$P_1 + Z_1 = 915 \times 9,8 \times 1,8 + 101325 \text{ Pa} = 117465,6 \text{ Pa} = 11,95 \text{ m de agua}$$

$$V_1^2/2 = 1/2 \times (0,8)^2 \times 1013,15 = 324,2 \text{ Pa} = 0,03306 \text{ m de agua.}$$

$$\mathbf{H_s = 11,66 \text{ m de agua.}}$$

Altura total de aspiración: Representa la presión a la entrada de la bomba. Es la suma algebraica de la altura estática de aspiración (distancia de la superficie libre del líquido al eje de la bomba), presión existente sobre el líquido y pérdidas de carga por rozamiento de la tubería de aspiración. Los dos primeros sumandos pueden ser positivos o negativos, pero el tercero es siempre negativo.

La altura total en la **impulsión** es:

$$H_i = P_2 + \frac{v_2^2}{2} \rho + Z_2 - \sum_i H_f$$

$$P_2 + Z_2 = \rho g h + P_{atm}$$

$$P_1 + Z_1 = 915 \times 9,8 \times 2 + 101325 \text{ Pa} = 119259 \text{ Pa} = 12,16 \text{ m de agua}$$

$$V_1^2/2 = 1/2 \times (1,2)^2 \times 1013,15 = 729,46 \text{ Pa} = 0,0743 \text{ m de agua.}$$

$$\mathbf{H_i = 15,93 \text{ m de agua.*}}$$

*Se suma las pérdidas.

Altura total de impulsión: Es la suma algebraica de la altura estática de impulsión, pérdida de carga en la impulsión y presión sobre el líquido en el punto de recepción. La diferencia entre las alturas totales de impulsión y de aspiración es la carga de la bomba, es decir, la energía que ha de ser conferida al fluido.

La altura total es:

$$\mathbf{H_T = H_i - H_s = 4,77 \text{ m de agua.}}$$



Luego calcularemos el NPSH;

Carga neta positiva de aspiración: Se representa por las siglas NPSH (de la expresión inglesa "Net Positive Suction Head") y es necesario diferenciar entre dos conceptos: la NPSH requerida (NPSHr) y la NPSH disponible (NPSHdis). La primera depende del diseño de la bomba y representa la energía necesaria para llenar la parte de aspiración de la misma y vencer las pérdidas por rozamientos y aumento de velocidad desde la conexión de aspiración hasta el punto donde se incrementa la energía. Es, por tanto, un valor que depende del diseño constructivo de la bomba y que debe suministrar el fabricante de la misma. La NPSH disponible es la diferencia entre la presión a la entrada de la bomba y la tensión de vapor del fluido a la temperatura de funcionamiento, medidas ambas en metros de columna de líquido. Lógicamente siempre deberá cumplirse que la NPSHdis sea mayor o igual que la NPSHr. Por otro lado la NPSHdis siempre habrá de ser positiva y lo mayor posible, ya que de este modo se evitará que la presión a la entrada de la bomba descienda por debajo de la presión de vapor del fluido en las condiciones de temperatura existentes en dicho punto, lo que provocaría la aparición de burbujas de vapor, con el consiguiente peligro de que la bomba entre en cavitación lo que reduce su carga y eficacia al tiempo que daña el material de la misma, reduciendo seriamente la vida útil de la bomba.

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = H_s - v^2/2g$$

H_s es la altura de succión, en m.c.l. (metros de columna de líquido).

$v^2/2g$ es la presión cinética correspondiente a la velocidad de entrada del líquido en la boca de aspiración, en m.c.a. (para V_a en m/s).

$$\text{NPSH}_d: 10,89 \text{ m de agua}$$



Balance de energía mecánica:

$$-W = g(h_2 - h_1) + \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho}\right) + E_v$$

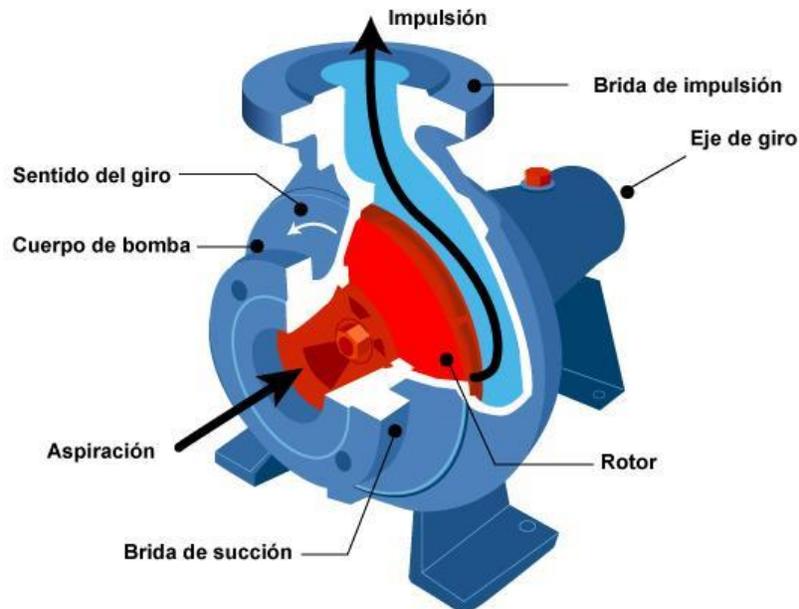
$$-w = 60,2 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

La potencia de la bomba en función al trabajo ($POT = W * \text{FLUJO MÁSSICO}$), y la disponibilidad en el mercado; es de 1,01 Hp.

-Especificación de la bomba según las curvas aportadas por el proveedor- (WEG).

$$NPSH_r = 4,2$$

Entonces, $NPSH_d > NPSH_r$





HOJA DE ESPECIFICACIÓN PUMP-01 (P-01)

HOJA DE ESPECIFICACIÓN		
BOMBA CENTRÍFUGA P-01	FECHA DE INSPECCIÓN	
	EMPRESA	
	SERVICIO	
ESPECIFICACIONES		
Caudal (m ³ /h)	1,23	
Potencia requerida (KW)	0,75	
NSPH d (m)	10,23	
DATOS DE DISEÑO		
Fluido	OIL-COLZA	
Temperatura (°C)	25	
Viscosidad (cts)	70,5	
Densidad(kg/m ³)	915	
Presión 1 entrada (Pa)	101325	
Presión 2 salida (Pa)	101325	
DATOS CONSTRUCTIVOS		IMAGEN
Modelo	WJet Pump	
Potencia motor(HP)	1	
Temperatura amb	0 a 40°C	
Diámetro entrada (pulg)	5	
Diámetro de salida (pulg)	4	
Dirección de rotación	anti-horario	
Rotación nominal	2840 rpm	
Altura máxima (m)	1000	
Corriente de arranque	10,4 A	
Corriente nominal	3/1,74 A	
Eficiencia (%)	51	

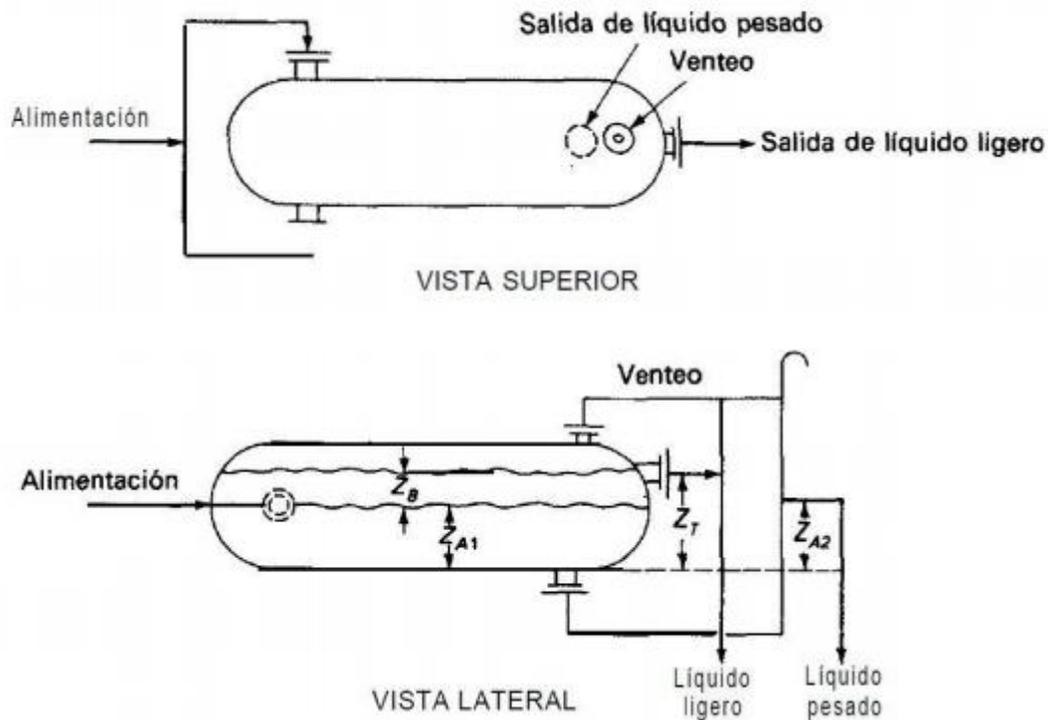


10.3 DECANTADORES

10.3.1 GENERAL

El decantador gravitatorio se utiliza para la separación continua de los líquidos no miscibles de densidades diferentes. La mezcla de alimentación entra por un extremo del separador; los dos líquidos fluyen lentamente a través del tanque, se separan en dos capas, y luego se descargan por los rebosaderos.

La fase ligera corresponde a la fase biodiesel y la fase pesada corresponde a la fase glicerina; en sus distintas composiciones según el decantador.





La densidad del líquido pesado es ρ_{gli} , y la del líquido ligero ρ_{bio} . Sea Z_{A1} la altura de la capa de líquido pesado y Z_B la del líquido ligero. La altura total del líquido en el tanque Z_T queda fijada por la posición del rebosadero conectado al fondo del tanque cuya altura sobre la base del mismo es Z_{A2} . Las conducciones del rebose y la parte superior del tanque están en comunicación con la atmósfera.

10.3.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

La cantidad de decantadores que presenta el proyecto son: 4

CORRIENTE DE ENTRADA	DECANTADOR	CORRIENTE DE SALIDA
CORRIENTE D1	D-1	CORRIENTE H CORRIENTE D2
CORRIENTE G	D-2	CORRIENTE I CORRIENTE J
CORRIENTE L	D-3	CORRIENTE M CORRIENTE N
CORRIENTE XY	D-4	CORRIENTE Z1 CORRIENTE Z

10.3.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

Según el análisis otorgado de operaciones unitarias I;

$$Z_B \times \rho_B + Z_{A1} \times \rho_A = Z_{A2} \times P_a$$

Hallamos Z_{A1} ; sabiendo que $Z_T = Z_B + Z_{A1}$



La fórmula indica que la posición de la interfase líquido-líquido en el separador depende de la relación de densidades de los dos líquidos y de las alturas de los rebosaderos, siendo independiente de la velocidad de flujo de los líquidos. A su vez indica además que cuando ρ_{gli} y ρ_{bio} son aproximadamente iguales la posición de la interfase se hace muy sensible a las variaciones de Z_{A2} , altura de la columna de líquido pesado. Para líquidos que difieren grandemente en su densidad esta altura no es muy crítica pero cuando los líquidos tienen aproximadamente la misma densidad es preciso operar con cuidado. La parte superior del tubo rebosadero es frecuentemente móvil, de forma que puede ajustarse durante la operación, para obtener la separación óptima. El tamaño de un decantador viene dado por el tiempo que se requiere para la separación, que a su vez depende de la diferencia entre las densidades de los dos líquidos y de la viscosidad de la fase continua. Con tal de que los líquidos sean claros y no formen emulsiones, el tiempo de separación puede estimarse a partir de la siguiente ecuación empírica:

Siendo 6,24 un factor de la ecuación.

$$t = 6,24 * \mu / (\rho_{pes} - \rho_{liv})$$

dónde:

t = tiempo de separación, h.

($\rho_A - \rho_B$) = densidades de los líquidos A y B, lb/pie³.

μ = viscosidad de la fase continua, cp.



Especificación D-01			
PROPIEDADES	ENTRADA	SALIDA	
CORRIENTE	CORRIENTE D1	CORRIENTE H	CORRIENTE D2
CAUDAL MASICO (lb/h)	856,97	1,13	855,84
VISCOSIDAD (cp)	39,25	0,5	78
DENSIDAD (kg/m ³ -lb/pe ³)	54,03	62,3	63,5
FRACCIONES MOLARES	Xliv=0,13 Xpes=0,86		

Especificación D-02			
PROPIEDADES	ENTRADA	SALIDA	
CORRIENTE	CORRIENTE G	CORRIENTE J	CORRIENTE I
CAUDAL MASICO (lb/h)	3349,03	178,79	3170,24
VISCOSIDAD (cp)	12,73416667	16,3725	10,37625
DENSIDAD (kg/m ³ -lb/pe ³)	68,4788	71,5182	67,9302
FRACCIONES MOLARES	Xliv=0,06 Xpes=0,94		

Especificación D-03			
PROPIEDADES	ENTRADA	SALIDA	
CORRIENTE	CORRIENTE L	CORRIENTE M	CORRIENTE N
CAUDAL MASICO (lb/h)	3201,76	3009,65	192,11
VISCOSIDAD (cp)	11,07	10,37625	16,3725
DENSIDAD (kg/m ³ -lb/pe ³)	65,45	67,9302	71,5182
FRACCIONES MOLARES	Xliv=0,05 Xpes=0,95		



Especificación D-04			
PROPIEDADES	ENTRADA	SALIDA	
CORRIENTE	CORRIENTE XY	CORRIENTE Z1	CORRIENTE Z
CAUDAL MASICO (lb/h)	488,73	441,83	46,9
VISCOSIDAD (cp)	13,55	17,45	16,35
DENSIDAD (kg/m ³ -lb/pie ³)	84,3388	1115	91,299
FRACCIONES MOLARES	Xliv=0,10 Xpes=0,90		

Como podemos observar en función al diseño de la planta y los datos de las propiedades de los decantadores, se puede visualizar que hay un claro quiebre entre el decantador D-2 y D-3 ya que en este último se realiza la ante última separación entre la denominada fase glicerina y fase biodiesel. Se puede notar en la disminución de la viscosidad y la densidad.

Además, podemos notar que el último decantador (D-4) presenta un claro indicio que es la fase de glicerina y sus sales.

Analizando, la **especificación de D-01**

Calcularemos el tiempo de separación:

$$t = (6,24 \times \mu \text{ [Pa.s]}) / (p_{pes} - p_{liv}) \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$t = (6,24 \times 0,3925) / (9171,72)$$

$$t = 0,00026 \text{ s} = \mathbf{0,94 \text{ hs}}$$

Q (caudal volumétrico) = Caudal másico / densidad

$$Q = 856,97 / 54,03$$

$$\mathbf{Q = 15,86 \text{ pie}^3\text{/h}}$$



La retención total del líquido es:

$$2 \times Q \times t = 29,81 \text{ pie}^3$$

Como se contempla que el tanque debiera estar lleno al 89%, entonces su volumen será:

$$V = 26.53 \text{ pie}^3$$

La longitud del tanque debe ser aproximadamente cinco veces su diámetro.

$$L = 5 \times D$$

Siendo su volumen = $(\pi \times D^2 \times L) / 4$, el diámetro es:

Diámetro: 7 pies

Longitud: 32 pies

Para calcular el Volumen del acumulador de líquido ligero considero que el tiempo de residencia de éste en dicho acumulador es de 20 minutos; considerando que esa corriente será la corriente H.

$$Q \text{ ligero: } 189,84 / 62,3$$

$$Q \text{ ligero: } 3,04 \text{ pie}^3$$

La altura:

$$h = V / \pi r^2$$

$$h = 3,04 / 3.1416 \times (1)$$

$$h = 1 \text{ pie}$$



Considerando el largo del condensador $L = 32$ pies.

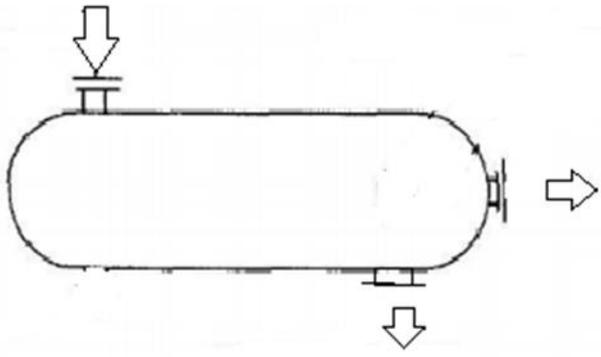
Entonces el volumen del líquido liviano es: $V = 32 \text{ pie}^3$.

La fracción de volumen ocupado por el líquido liviano es: 3% siendo el resto el líquido pesado 97%.

Considerando que está al 89%; entonces la altura operativa no es 7 pies, sino 6,23 pies.



HOJA DE ESPECIFICACIÓN DECANTADOR (D-1)

HOJA DE ESPECIFICACIÓN			
DECANTADOR (D-1)	FECHA DE INSPECCIÓN		
	EMPRESA		
	SERVICIO		
ESPECIFICACIONES			
Especificación D-01			
PROPIEDADES	ENTRADA	SALIDA	
CORRIENTE	CORRIENTE D1	CORRIENTE H	CORRIENTE D2
CAUDAL MASICO (lb/h)	856,97	1,13	855,84
VISCOSIDAD (cp)	39,25	0,5	78
DENSIDAD (kg/m ³ -lb/pie ³)	54,03	62,3	63,5
Presión 1 entrada (Pa)	101325	101325	
Presión 2 salida (Pa)	101325	101325	
Temperatura	amb	amb	amb
DATOS CONSTRUCTIVOS			
Modelo	LW MACHINERY		
Longitud (pie)	32		
Diametro (pie)	7		
Tiempo de separación [h]	0,94		
%Líquido liviano	97%		
%Líquido pesado	3%		
Materiales	acero inoxidable AISI-304		
IMAGEN			
			



10.4 CENTRIFUGA

10.4.1 GENERAL

La separación centrífuga es desde hace más de un siglo una de las operaciones unitarias más importantes en procesos claves de las industrias químicas, farmacéuticas, tratamiento de efluentes, purificación de aceites combustibles y lubricantes y suspensiones en general.

En el campo de la tecnología de la separación mecánica las separadoras y decantadoras se catalogan dentro de las centrifugadoras, se emplean para la concentración de sólidos, clarificación de suspensiones y separación de mezclas de líquidos con eliminación simultánea de sólidos.

Esencialmente la centrifugación es una decantación selectiva de los componentes insolubles de una mezcla bajo condiciones de gravedad artificial. Una centrífuga decantadora contribuye a la separación de fases líquidas. Se trata de la sustitución de la aceleración de la gravedad con la más alta aceleración de la centrífuga (hasta 4000 x g).

10.4.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

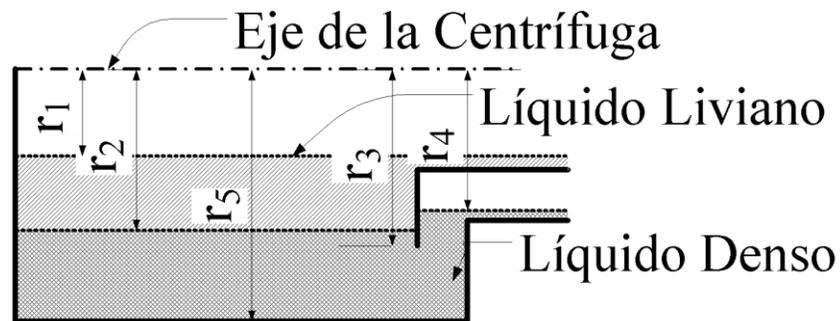
La cantidad de centrifugas en el proyecto es solamente una.

CORRIENTE DE ENTRADA	DECANTADOR	CORRIENTE DE SALIDA
CORRIENTE Q	CF-01	CORRIENTE V CORRIENTE R



10.4.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

Cuando la separación por gravedad es demasiado lenta debido a la similitud de densidades de la partícula y el fluido, o del fluido - fluido, o las fuerzas de asociación que mantienen unidos a los componentes, como las emulsiones.; es por ello que se utiliza la operación unitaria de centrifugación : **LÍQUIDO-LÍQUIDO**



Especificación de la centrífuga

Tazón tubular de una centrífuga para la separación de dos fases líquidas, siendo una de ellas un líquido pesado o denso y la segunda un líquido liviano o ligero.

En función del caudal volumétrico de la corriente a procesar, Q determinamos el modelo conveniente de separador centrífugo, según el catálogo provisto por la marca **Flottweg**:

Considerando que la corriente de alimentación, Q a la centrífuga siendo su caudal $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Podremos evaluar mediante catalogo las dimensiones de la centrífuga:



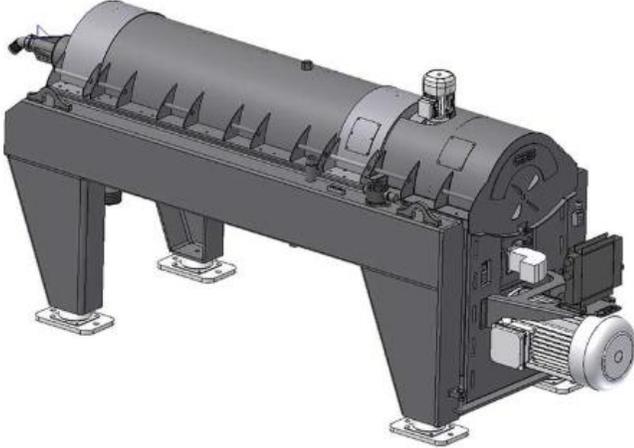
Catálogo: https://www.flottweg.com/fileadmin/user_upload/data/pdf-downloads/Biodiesel-EN.pdf

TECHNICAL DATA OF FLOTTWEG DECANTERS AND TRICANTERS®					
Model	Z3E	Z4E-3	Z4E-4	Z5E-4	Z6E-4
Capacity*	3.0 m ³ /h	5.0 m ³ /h	7.5 m ³ /h	15.0 m ³ /h	20.0 m ³ /h

En función a las especificaciones, el modelo que mejor se adapta a nuestro proceso es el "Z4E-3"



HOJA DE ESPECIFICACIÓN CENTRIFUGA (CF-01)

HOJA DE ESPECIFICACIÓN			
CENTRIFUGA (CF-01)	FECHA DE INSPECCIÓN		
	EMPRESA		
	SERVICIO		
ESPECIFICACIONES			
CENTRIFUGA CF-01			
PROPIEDADES	ENTRADA	SALIDA	
CORRIENTE	CORRIENTE Q	CORRIENTE V	CORRIENTE R
CAUDAL MASICO (lb/h)	3098,18	141,79	2956,39
Presión 1 entrada (Pa)	101325	101325	
Presión 2 salida (Pa)	101325	101325	
Temperatura	amb	amb	amb
Capacidad [m ³ /h]	5		
DATOS CONSTRUCTIVOS			
Modelo	Z4E-3		
Longitud (mm)	3750		
Ancho (mm)	1700		
Altura (mm)	1200		
Motor [kW]	7,5		
%Líquido pesado	3%		
Materiales	acero inoxidable AISI-304		
IMAGEN			
			



10.5 INTERCAMBIADORES

10.5.1 GENERAL

El intercambiador de calor es un equipo de transferencia de calor empleado en procesos químicos con la finalidad de intercambiar calor entre dos corrientes de un proceso. Cuando se desea calentar un fluido, se emplean calentadores haciendo uso de vapor de agua, o en el caso de refinerías de petróleo, el aceite caliente recirculado cumple la misma función. Los enfriadores cumplen funciones opuestas a la anterior, empleándose agua y aire como medios principales de refrigeración.

Los equipos a utilizar serán:

Calentador: Un calentador es un intercambiador de calor que aumenta la entalpia de una corriente, **sin que normalmente ocurra un cambio de fase.** Como fuente de calor se utiliza una corriente de servicio, la cual puede ser vapor de agua, aceite caliente, fluidos especiales para transferencia de calor o una corriente de proceso de entalpia alta.

(Calentadores: IQ-01; IQ-02)

Vaporizador: Es un intercambiador que convierte líquido a vapor. El termino vaporizador se refiere normalmente a aquellas unidades que manejan líquidos diferentes al agua. **-Cambio de fase-**



Evaporador: Los evaporadores son intercambiadores diseñados específicamente para aumentar la concentración de las soluciones acuosas mediante la evaporación de una parte del agua. **-Cambio de fase-**

(Evaporador: IQ-03; IQ-04)

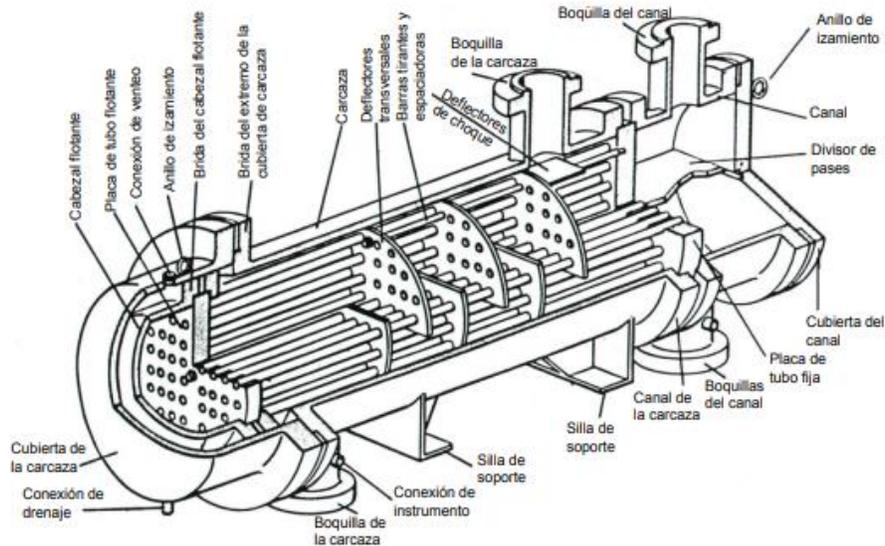
- Arreglo de flujo

Flujo en Contracorriente o Contraflujo: En este tipo los fluidos fluyen en direcciones opuestas el uno del otro.

- Tipo de construcción

Intercambiadores de tubo y coraza o de tubo y coraza: Utilizamos este tipo de construcción debido a que;

- a) Proporciona flujos de calor elevados en relación con su peso y volumen.
- b) Es relativamente fácil de construir en una gran variedad de tamaños.
- c) Es bastante fácil de limpiar y de reparar.
- d) Es versátil y puede ser diseñado para cumplir prácticamente con cualquier aplicación.

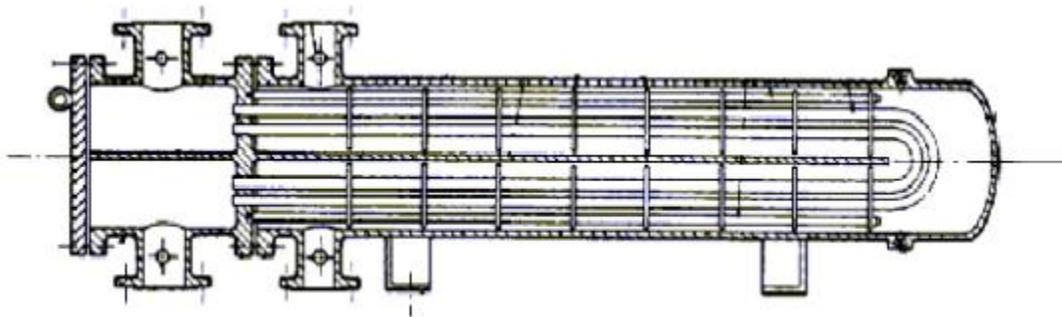


Este tipo de equipo consiste en una carcasa cilíndrica que contiene un arreglo de tubos paralelo al eje longitudinal de la carcasa. Los tubos pueden o no tener aletas y están sujetos en cada extremo por láminas perforadas. Estos atraviesan a su vez a una serie de láminas denominadas deflectores (baffles) que al ser distribuidas a lo largo de toda la carcasa, sirven para soportar los tubos y dirigir el flujo que circula por la misma, de tal forma que la dirección del fluido sea siempre perpendicular a los tubos. El fluido que va por dentro de los tubos es dirigido por unos ductos especiales conocidos como cabezales o canales. Hay dos tipos básicos de intercambiadores de tubo y carcasa: El de tipo fijo o de tubos estacionario, que tiene los dos extremos de los tubos fijos a la carcasa, y el que tiene un sólo extremo de los tubos sujeto a la coraza. En el primer caso, se requiere de una junta de dilatación debido a la expansión diferencial que sufren los materiales que conforman el equipo. En el segundo caso los problemas originados por la expansión diferencial se pueden eliminar empleando un cabezal de tubos flotantes que se mueve libremente dentro de la coraza o empleando



tubos en forma de U en el extremo que no está sujeto; los intercambiadores tendrán la configuración U por la explicación dada.

Los tubos en U, se caracterizan por tener sólo una placa de tubos donde se insertan los tubos en forma de U, que tienen la particularidad de moverse libremente con relación a la carcasa lo que elimina el problema de la expansión diferencial. El banco de tubos se puede remover para limpieza mecánica pero el interior de estos en general se limpia químicamente. La longitud efectiva de los tubos es la correspondiente a la cara interna de la placa que los soportan y la tangente donde comienza el doblé. Se utilizan cuando el fluido que circula por los tubos es limpio, los fluidos sucios circulan por la carcasa, estos intercambiadores no tienen uniones internas y los tubos periféricos se pueden colocar muy cerca de la cara interna de la carcasa; pero como existe una limitación mecánica en el radio de los tubos interiores, el número de tubos que se pueden colocar en una carcasa de diámetro dado es menor al de placa de tubos fijos.



Intercambiador de calor de tubos en forma de U



Los intercambiadores de tubo y carcaza (o tubo y coraza) se diseñan de acuerdo a los estándares publicados por la Asociación de Fabricantes de Intercambiadores Tubulares, conocida como TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association). En Europa, por lo general, se emplean las normas DIN.

TEMA presenta tres estándares para la construcción mecánica, los que especifican diseño, fabricación y materiales a utilizar en los intercambiadores de tubo y carcaza.

Estos son:

Clase R: Para aplicaciones en petróleo y procesos relacionados.

Clase C: Para aplicaciones en procesos comerciales.

Clase B: Para servicio en procesos químicos.

Respecto de nuestro proyecto, se configura como **clase B**.

TEMA también propone un sistema de normas para la designación de los tipos de intercambiadores, conformada por tres letras que definen completamente al equipo. La primera letra designa al tipo de cabezal anterior o estacionario empleado; la segunda el tipo de carcaza y la última al tipo de cabezal posterior.

Para la especificación de las medidas del intercambiador, se tiene un sistema de designación basado en el diámetro interno de la carcasa en milímetros. Por lo tanto la descripción completa de estos equipos es como sigue: diámetro carcaza/longitud tubos XXX; donde XXX son las tres letras que lo definen;

Según el tipo de cabeza y carcasa de acuerdo con TEMA.



CABEZALES ANTERIORES: ESTACIONARIOS O FLUJO		TIFOS DE CARCAZAS	CABEZALES POSTERIORES
A	 Canal y tapa removibles	E	L
B	 Tipo sombrero	F	M
C	 Tapa removible Canal fijo a la placa de tubos	G	N
N	 Tapa removible Canal fijo a la carcasa	H	P
D	 Especial para altas presiones	J	S
		K	T
		X	U
			W

Entonces, la configuración será C (canal fijo a la placa de tubos) – F (dos pasos deflector longitudinal)- U (tubos en U). **TEMA (CFU).**

10.5.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

La cantidad de intercambiadores en nuestro proyecto son: 5

A continuación se detalla el listado de los mismos:

EQUIPO ANTECESOR	CORRIENTE (TEMP A ELEAR)	EQUIPO PREDECESOR	INTERCAMBIADOR
DECANTADOR (D-1)	CORRIENTE I (60°C)	REACTOR (RX-102)	IQ-01
TANQUE DE AGUA (Tk-05)	CORRIENTE P (75°C)	FLASH LAVADO-NEUTRALIZADO	IQ-02



CENTRIFUGA (CF-01)	CORRIENTE R (107°C)	FLASHING (FL-01)	IQ-03
MIXER (MX-03)	CORRIENTE UT (100°C)	FLASHING (FL-02)	IQ-04

EQUIPO ANTECESOR	CORRIENTE (TEMP A ENFRIAR)	EQUIPO PREDECESOR	EQUIPO PREDECESOR
EVAPORADOR (EV-01)	CORRIENTE T (107°C)	MIXER (MX-03)	IQ-03

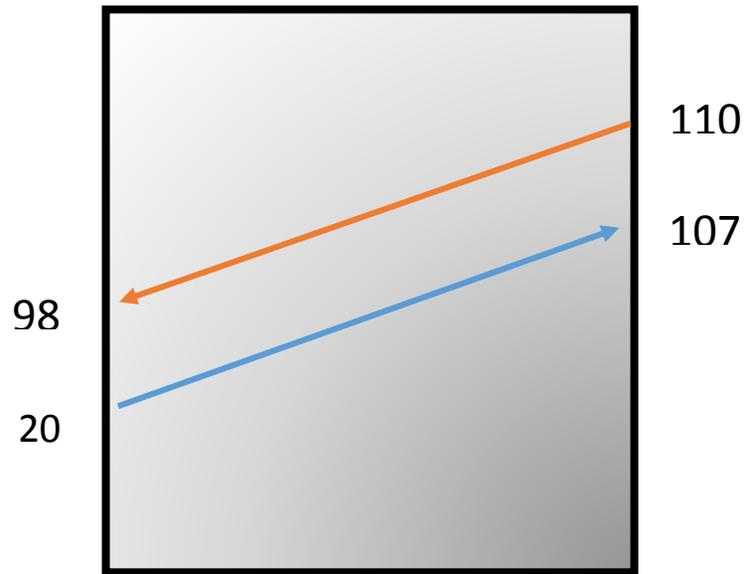
Cabe destacar que en el IQ -03, ingresa la corriente caliente corriente R y la corriente fría corriente T, produciéndose el intercambio.

En el proyecto tendremos dos intercambiadores más, pertenecientes a la columna de rectificación (un evaporador y un reboiler), su detalle será en los capítulos precedentes.

10.5.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

Se detallará el intercambiador IQ-03;

FLUIDO	CORRIENTE R		CORRIENTE T	
SECTOR	CORASA (SUCIO)		TUBOS (LIMPIO)	
FLUJO MÁSSICO (W) (lb/h-kg/s)	2956,39 0,37		866,42 0,109	
PRESIÓN (BAR)	1		1	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
	T1	T2	t1	t2
TEMPERATURA (°C)	20	107	110	98
DENSIDAD (ρ)(kg/m ³)	880	889	1001	1000
CAP.CALORIFICA(Cp) (J/Kg°C)	81165	81178	4200	4186
VISCOSIDAD (μ)(Pa s)	4,33	3,99	0,1	0,099
ENTALPIA (KJ/Kg)			14027	1200
ESTADO	sin cambio de fase		con cambio de fase	



1) Balance de calor

Lado coraza

$$Q_s = w_s \text{ cps } \Delta T = w_s \text{ cps } (T_2 - T_1)$$

$$Q_s = 0,37 \times 81171,5 \times (107 - 20)$$

$$\mathbf{Q_s = 2612,9 \text{ KJ/s}}$$

$$Q = Q_t = -Q_s = w_t \Delta H_t = w_t (H_2 - H_1)$$

$$W_t = 2621,9 / -(1200 - 14027)$$

$$\mathbf{W_t = 0,2 \text{ kg/s}^*}$$

*tenemos 0,109 por lo cual consideramos un caudal de 0,15.



2) Diferencia media logarítmica de temperaturas (MLDT)

$$DMLT = \frac{(T1 - t2) - (T2 - t1)}{\ln \frac{(T1 - t2)}{(T2 - t1)}}$$

$$MLDT = (20-98) - (107-110) / (3,25)$$

$$MLDT = 296,07 \text{ K}$$

3) Área de transferencia.-Estimación

$$U = 3621,27 \text{ J/sm}^2\text{°C}$$

$$Q = U A \Delta T_{ef}$$

$$A = Q / (U \Delta T_{ef})$$

$$A_{\text{estimada}} = 3621,2 / (126,27 \times 23,07)$$

$$A_{\text{estimada}} = 1,24 \text{ m}^2$$

Se eligen tubos

Se eligen tubos

$$OD_t = \frac{3}{4} \text{ plg} = 0,01905 \text{ m}$$

BWG=16

$$L = 4 \text{ pies} = 1,2192 \text{ m}$$

$$ID_t = 0,62 \text{ plg} = 0,015748 \text{ m}$$

El área de transferencia será:



$$A_T = N_t \pi O D_t L$$

Donde N_t es el número de tubos del intercambiador.

El número de tubos estimado es:

$$N_{t \text{ est}} = \frac{A_{\text{est}}}{\pi O D_t L}$$

$$N_{t \text{ est}} = 1,24 / (3,1416 \times 0,019 \times 1,21)$$

$$N_{t \text{ est}} = 17,21 = \mathbf{18 \text{ tubos}}$$

Según anexo c; estandarizamos el equipo.

Equipo elegido

Tubos:

$N_t = 26$

Pasos por tubo = 2

Tipo de tubo = U

BWG = 16

Arreglo de tubos triangulo en 1 plg

$O D_t = \frac{3}{4} \text{plg} = 0,01905 \text{ m}$

Coraza:

$I D_s = 10 \text{ plg} = 0,254 \text{ m}$

Separación entre bafles B = 12 plg = 0,3048 m

Corte de bafle 25 %



Paso por coraza = 1

Análisis de coeficientes totales de transferencia:

A) Cálculo de área de flujo por interior de tubos por equipo, a_{ft} :

$$a_{ft} = \frac{N_t a_f'}{n}$$

Donde a_f' es el área de flujo por tubo.

n es el número de pasos por tubos por equipo.

$$a_{ft} = 0,357 \text{ plg}^2$$

$$a_{ft} = (26 \times 0,357) / (2 \times 144) \times 0,0929$$

$$\mathbf{a_{ft} = 0,00029 \text{ m}^2}$$

Cálculo de velocidad por tubos v_t :

$$v_t = \frac{w_t}{\rho a_{ft}}$$

$$V_t = 0,15 / (1000 \times 0,00029)$$

$$V_t = 0,51 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V_t = 1,6 \text{ pie /s}}$$

Con el anexo d ,hallamos :

$$h_i = 370 \text{ BTU / h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F} = 1178,6 \text{ J/sm}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$



$$h_{io} = h_i \frac{ID_t}{OD_t}$$

$$ID_t = 0,015748$$

$$OD_t = 0,01905$$

$$h_{io} = 1425,72 \text{ J/sm}^2\text{°C}$$

Coraza:

A) Cálculo de área de flujo por coraza, a_{fs} :

$$a_{fs} = (ID_s - n_{tc}OD_t)B$$

Donde n_{tc} es el número de tubos centrales, y se obtiene del anexo e,

B es el espaciado entre baffles.

$$n_{tc} = 11$$

$$a_{fs} = (0,254 - 11 \times 0,01905) \times 0,3048$$

$$a_{fs} = 0,0135 \text{ m}^2$$

B) Cálculo del flujo másico por unidad de área, G_s :

$$G_s = \frac{w_s}{a_{fs}}$$

$$G_s = 0,15 / 0,0135$$

$$G_s = 11,07 \text{ kg/sm}^2 = 8162 \text{ lb/h pie}^2$$

C) Cálculo del número de Reynolds, Re :



$$Re = \frac{D_e G_s}{\mu}$$

$$Re = 9000$$

D) Coeficiente pelicular de transferencia lado coraza h_o :

Se supone $h_o = 2000 \text{ BTU / h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

E) Cálculo de coeficiente total de transferencia limpio U_c

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

$$U_c = 584000 / (2292)$$

$$U_c = 254,79 \text{ BTU/hpie}^2\text{F} = 812,09 \text{ J/sm}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

F) Cálculo de coeficiente total de transferencia sucio U_d :

Resistencias fouling:

$$R_i = 0,002 \text{ hpie}^2\text{ } ^\circ\text{F/BTU agua}$$

$$R_o = 0,001 \text{ hpie}^2\text{ } ^\circ\text{F/BTU oil}$$

$$R_d = R_i + R_o$$

$$R_d = 0,003 \text{ hpie}^2\text{ } ^\circ\text{F /BTU}$$

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

$$U_d = 144,408 \text{ BTU/hpie}^2\text{F} = 500 \text{ J/sm}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$



G) Cálculo de área requerida:

$$A_r = \frac{Q}{U_d \Delta T_{ef}}$$

$$A_r = 1,29 \text{ m}^2$$

H) Cálculo del área disponible:

$$A_d = \pi O D_t (L - e) N_t$$

$$A_d = 1,5 \text{ m}^2$$

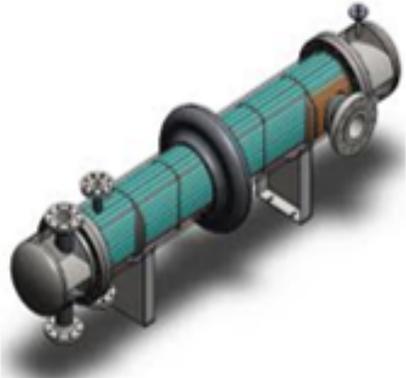
I) Cálculo del porcentaje de área en exceso:

$$\% \text{ exceso} = \left(\frac{A_d - A_r}{A_r} \right) * 100\%$$

$$\% \text{ exceso} = 16,27 \%$$



HOJA DE ESPECIFICACIÓN INTERCAMBIADOR DE CALOR (IQ-03)

HOJA DE ESPECIFICACIÓN				
IQ-03		FECHA DE INSPECCIÓN		
		EMPRESA		
		SERVICIO		
ESPECIFICACIONES				
FLUIDO	CORRIENTE R		CORRIENTE T	
SECTOR	CORASA (SUCIO)		TUBOS (LIMPIO)	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
	T1	T2	t1	t2
TEMPERATURA (°C)	20	107	110	98
DENSIDAD (ρ)(kg/m ³)	880	889	1001	1000
CAP. CALORIFICA(C _p)(J/Kg·°C)	81165	81178	4200	4186
VISCOSIDAD (μ)(Pa·s)	4,33	3,99	0,1	0,099
ENTALPIA (KJ/Kg)			14027	1200
ESTADO	sin cambio de fase		con cambio de fase	
DISEÑO				
TUBOS		CORAZA		
Nt	26	ID _s	10 plg	
Tipo de tubo	U	Separación entre baffles B	12 plg	
BWG	16	Corte de Baffle	25%	
Arreglo de tubos	triangulo	Paso por coraza	1	
OD _t	3/4 plg	IMAGEN		
a _{ft}	0,0029 m ²			
v _t	1,6 pie/s			
Ad = 1,5 m ² Ar = 1,29 m ²				
%exceso = 0,16				



10.6 MIXER

10.6.1 GENERAL

El mixer (mezclador), es una operación unitaria, en el mismo se introduce la mezcla de líquidos miscibles, el equipo se configura como si fuese un tanque. Es un proceso relativamente corto de alta eficiencia.

Lo que permite es homogenizar la mezcla con mucha rapidez.

10.6.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

La cantidad de mixer que presenta nuestro proyecto son: 4

CORRIENTE DE ENTRADA	MIXER	CORRIENTE DE SALIDA
CORRIENTE B CORRIENTE C	MX-01	CORRIENTE D
CORRIENTE J CORRIENTE V CORRIENTE N	MX-02	CORRIENTE U
CORRIENTE U CORRIENTE T	MX-03	CORRIENTE UT
CORRIENTE X CORRIENTE Y	MX-04	CORRIENTE XY

10.6.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

Dadas las características y composiciones de las corrientes de alimentación de los equipos mezcladores, elegimos el siguiente equipo:

MIXER VERTICAL



Presenta una solución para la dispersión, emulsión, homogeneización y desintegración de sólidos para una gran cantidad de productos en la industria. Se pueden utilizar en depósitos a presión atmosférica y con productos de alta o baja viscosidad. Para los productos de alta viscosidad se recomienda trabajar conjuntamente con un agitador tipo áncora.

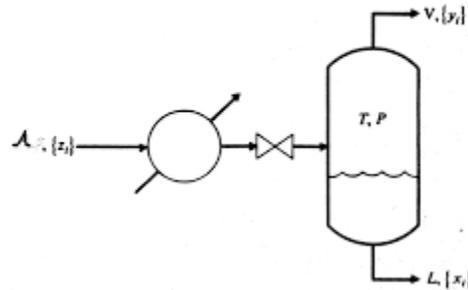
Tipo áncora: están destinados principalmente a la mezcla de productos de alta viscosidad y fluidos no newtonianos, es decir, carecen de un valor de viscosidad determinado porque esta depende de la temperatura. Pueden ser montados en depósitos de fondo bombeado o cónico.

10.7 FLASHING

10.7.1 GENERAL

La destilación flash es un tipo de operación unitaria que ocurre cuando un líquido saturado se desciende en un tanque a menor presión en dos estados, un vapor y un líquido.

Consiste en una sola etapa de destilación, donde la alimentación se vaporiza (o condensa) parcialmente para producir un vapor más rico en el componente más volátil.



10.7.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

La cantidad de evaporadores que presenta nuestro proyecto son: 2

CORRIENTE DE ENTRADA	FLASHING	CORRIENTE DE SALIDA
CORRIENTE R	FL-01	CORRIENTE T CORRIENTE E
CORRIENTE UT	FL-02	CORRIENTE X CORRIENTE F

10.7.3 ANALISIS

Respecto de FL-01; ingresa la corriente R a una temperatura de 107 °C; separándose ésta en una corriente de vapor y otra líquida, la corriente vapor luego de enfriarse tendrá un temperatura de 98°C, ingresando al MX-03 mezclándose con la corriente U, la corriente precedente UT sufrirá un aumento de temperatura para luego poder retirarse metanol y fase glicerina por medio del FL-02, éste último equipo trabajará a una temperatura de 100°C y a una presión de 0,5 atm.



10.8 COLUMNA RECTIFICADORA

10.8.1 GENERAL

La destilación se define como la operación básica mediante la cual se separa una mezcla de líquidos de distinta volatilidad, en sus componentes puros. Esta operación se lleva a cabo en la mayoría de los casos en columnas cilíndricas verticales.

La destilación es un proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla.

Para llevar a cabo la operación se aprovecha la diferencia de volatilidad de los constituyentes de la mezcla, separando o fraccionando éstos en función de su temperatura de ebullición.

10.8.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

En el proyecto se presenta una columna rectificadora.

CORRIENTE DE ENTRADA	COLUMNA RECTIFICADORA	CORRIENTE DE SALIDA
CORRIENTE Z1	COLUMNA RECTIFICADORA (RC-01)	CORRIENTE Z2 CORRIENTE Z3

10.8.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

En cuanto al análisis de la columna, el método McCabe-Thiele no se utiliza. Si no se utiliza el método Shortcut Distillation Design using the Winn-Underwood (DSTWU), éste método no es válido para mezclas azeotrópicas, por lo cual resulta oportuno para el despojamiento de las impurezas de la glicerina, así luego de la columna se obtiene glicerina técnica.



A solo efecto de calcular la salida, la especificación de la glicerina técnica es del 88%, módulo obtenido por Aspen Plus.

10.9 TANQUES

10.9.1 GENERAL

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización.

Los tanques de almacenamiento, se clasifican en:

- Cilíndricos Horizontales.
- Cilíndricos Verticales de Fondo Plano.

Los Tanques Cilíndricos Horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. Los Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas. Estos tipos de tanques se clasifican en:

- De techo fijo.
- De techo flotante.
- Sin techo.

De acuerdo al estándar A.P.I. 650, clasificaremos los tanques de acuerdo al tipo de techo, lo que nos proporcionará el servicio recomendable para éstos.



El **techo fijo**, se emplea para contener **productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diesel, asfalto, petróleo crudo, etc.**

Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso. Los techos fijos se clasifican en:

- Techos autosoportados.
- Techos soportados.

El **techo flotante**, se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: **alcohol, gasolinas y combustibles en general.**

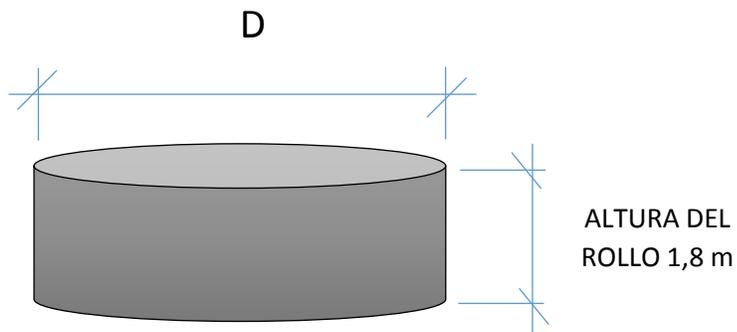
Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases (su evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

Los **tanques sin techos**, se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que éste se contamine o que se evapore a la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc. El diseño de este tipo de tanques requiere de un cálculo especial del anillo de coronamiento.

En cuanto a la construcción, si bien realizaremos los cálculos en función a su altura y su diámetro. Para almacenamiento de fluidos no ácidos, se puede utilizar acero al carbono, agregando revestimiento para los tanques que contengan



agua. Para aquellos tanques que contengan ácido, lo más o más corriente es utilizar tanques de fibra de vidrio reforzado con una estructura metálica externa. El diseño de los tanques fabricados en acero al carbono se hace en función de los rollos de acero que se venden. Ellos tienen un ancho de 1,8 m o 2,4 m según los casos. Para ésta planta, se consideraran rollos de 1,8 m.



10.9.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

En el proyecto se presenta: 9 tanques.

CORRIENTE DE ENTRADA	TANQUES	CORRIENTE DE SALIDA
CAMIÓN SISTERNA	Tk-01 TANQUE DE COLZA-OIL	CORRIENTE A
CAMIÓN SISTERNA CORRIENTE F	Tk-02 TANQUE DE METANOL	CORRIENTE B CORRIENTE F
CAMIÓN SISTERNA	Tk-03 TANQUE DE HIDROXIDO DE SODIO	CORRIENTE C
CAMIÓN SISTERNA	Tk-04 TANQUE DE HCl	CORRIENTE O
CORRIENTE H CORRIENTE Z2	Tk-05 TANQUE DE AGUA	CORRIENTE P



CORRIENTE E	Tk-06 TANQUE DE BIODIESEL	CAMIÓN SISTERNA
CAMIÓN SISTERNA	Tk-07 HIDROXIDO DE SODIO AL 40%	CORRIENTE Y
CORRIENTE Z	Tk-08 TANQUE DE SALES	CAMIÓN SISTERNA
CORRIENTE Z3	Tk-09 TANQUE DE GLICERINA	CAMIÓN SISTERNA

10.9.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

A continuación se detalla los tanques con sus respectivas densidades para poder evaluar el diámetro y la altura de cada tanque.

En función al alcance del proyecto, diseñaremos el tanque de biodiesel y el de glicerina.

[CS] Camión Sisterna.

Entrada		Salida	Densidad
CS	Tk 01	CORRIENTE A	kg/m ³
	OIL	2493,19994 lb/h 1130,897815 kg/h	880,00

Entrada		Salida	Densidad
CS	Tk 02	CORRIENTE B	kg/m ³
CORRIENTE W 185,120337 lb/h 83,969272 kg/h	MT	22,65908436 lb/h 10,278 kg/h	791,80
		CORRIENTE F 524,4202168 lb/h 237,8732919 kg/h	



Entrada	Tk 03	Salida	Densidad
CS	NaOH	CORRIENTE C 2,51767604 lb/h 1,142 kg/h	kg/m ³ 2100,00

Entrada	Tk 04	Salida	Densidad
CS	HCl	CORRIENTE O 25,34 lb/h 11,49404433 kg/h	kg/m ³ 370,88

Entrada	Tk 05	Salida	Densidad
CORRIENTE H 1,13295422 lb/h 0,5139 kg/h	Agua	CORRIENTE P 63,2 lb/h 28,66707188 kg/h	kg/m ³ 1000
CORRIENTE Z2 11,93 lb/h 5,41136341 kg/h			

Entrada	Tk 06	Salida	Densidad
CORRIENTE E 2869,97 lb/h 1301,79804 kg/h	Biodiesel	CS	kg/m ³ 920

Entrada	Tk 07	Salida	Densidad
CS	NaOH 40%	CORRIENTE Y 74,736618 lb/h 33,9 kg/h	kg/m ³ 2100,00

Entrada	Tk 08	Salida	Densidad
CORRIENTE Z 46,90 lb/h 21,2718208 kg/h	Sales	CS	kg/m ³ 2100,00



Entrada	Tk 09	Salida	Densidad
CORRIENTE Z3 429,90 lb/h 194,999592 kg/h	Glicerina	CS	kg/m3 1300

En cuanto a la característica constructiva de cada tanque:

Siete tanques serán de acero al carbono, mientras que dos serán de fibra de vidrio. Respecto a su techo, siete serán de techo fijo y dos de techo con curvatura.

	Materiales	TECHO
Tk 01 OIL	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO
Tk 02 MT	FIBRA DE VIDRIO CON ESTRUCTURA METALICA EXTERNA	TECHO FLOTANTE /CURVATURA
Tk 03 NaOH	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO
Tk 04 HCl	FIBRA DE VIDRIO CON ESTRUCTURA METALICA EXTERNA	TECHO FLOTANTE /CURVATURA
Tk 05 Agua	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO
Tk 06 Biodiesel	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO
Tk 07 NaOH 40%	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO
Tk 08 Sales	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO
Tk 09 Glicerina	ACERO AL CARBONO	TECHO FIJO

A continuación detallaremos el volumen de los recintos, considerando el volumen de producción anual y el mensual (un mes y medio).



	PRODUCCIÓN ANUAL (8760h)	MENSUAL +15 DIAS	LITROS	Diámetro	Altura
	VOLUMEN m3	VOLUMEN m3			
Tk 01	13509,00	777,22	777229,85	11,73	7,2
Tk 02	3294,48	189,55	189545,22	6,69	5,4
Tk 03	20,02	2,30	2304,00	1,28	1,8
Tk 04	340,12	19,57	19568,59	2,63	3,6
Tk 05	294,34	16,93	16934,40	2,45	3,6
Tk 06	14865,34	855,27	855266,09	11,00	9,0
Tk 07	200,23	23,04	23040,00	2,86	3,6
Tk 08	110,13	12,67	12672,00	2,99	1,8
Tk 09	1617,23	93,05	93046,15	5,74	3,6

En cuanto al espesor que debe contener en función del gráfico:

Diámetro (m)	Espesor nominal mínimo especificado de la carcasa (mm)	
	Aceros C y C-Mn	Aceros inoxidables
D<4	5	2
4≤D<10	5	3
10≤D<15	5	4
15≤D<30	6	5
30≤D<45	8	6
45≤D<60	8	-
60≤D<90	10	-
90≤D	12	-

El espesor nominal mínimo especificado de la carcasa en mm es:

	DIMENSIONES SEGÚN API650
	ESPESOR (mm)
Tk-01	5,00
Tk-02	5,00
Tk-03	5,00
Tk-04	5,00
Tk-05	5,00
Tk-06	5,00
Tk-07	5,00
Tk-08	5,00
Tk-09	5,00



En el apartado de anexos, detallaremos la planimetría correspondiente al parque de tanques.

10.10 REACTORES

10.10.1 GENERAL

El reactor continuo agitado (RTAC) es una modelización ideal es un reactor de mezcla completa supone un flujo de alimentación y salidas uniformes y una agitación perfecta, esto es, en todos los puntos del reactor la composición y propiedades físicas del fluido son iguales. Por esta misma razón la corriente de salida tiene la misma composición y propiedades que el fluido que se encuentra en el interior del reactor. La operación del RTAC se realiza en condiciones de estado estacionario, esto es, no hay acumulación dentro del reactor. En esas condiciones desaparece el término de dependencia con la variable tiempo. Lógicamente, en el arranque del reactor suceden perturbaciones que modifican las condiciones de trabajo, es necesario tener en cuenta ese término y entonces se habla de estado transitorio. Como todos los puntos del reactor tienen igual composición y propiedades el volumen de control para realizar el balance de masa es todo el reactor; en estado estacionario queda entonces:



$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Desaparición por reacción}$$

$$F_{Ao} = F_A + r_A V = F_{Ao}(1 - X_A) + r_A V$$

$$F_{Ao} X_A = r_A V$$

Si se trata de un fluido que no sufre expansión ni compresión $F_A = v C_A$ y puede sustituirse en la expresión anterior.

Suele definirse además el parámetro $\tau = V/v_o$, a veces denominado tiempo espacial (y también tiempo de residencia hidráulico), donde V es el volumen de reacción y v_o el flujo volumétrico a la entrada, y que en los sistemas que estamos considerando coincide con el tiempo de residencia hidráulico. Por lo tanto la ecuación de diseño del RTAC puede escribirse como:

$$\tau = \frac{V}{v_o} = \frac{V C_{Ao}}{F_{Ao}} = \frac{C_{Ao} - C_A}{r_A} = \frac{C_{Ao} X_A}{r_A}$$

En función al capítulo 9, inciso 9.1 reactores la ecuación global es:



La ecuación diferencial global es:

$$r = \frac{d[\text{TG}]}{dt} = -k_1 [\text{TG}] \cdot [\text{MT}]^3 + k_6 [\text{GL}] \cdot [\text{BD}]^3$$

10.10.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO



La cantidad de reactores presentes en el proyecto son 2.

CORRIENTE DE ENTRADA	REACTORES	CORRIENTE DE SALIDA
CORRIENTE A CORRIENTE D2	RX-101	CORRIENTE G
CORRIENTE I CORRIENTE K	RX-102	CORRIENTE L

10.10.3 ANALISIS CONSTITUTIVO

$$r = \frac{d[TG]}{dt} = -k_1 [TG]. [MT]^3 + k_6 [GL]. [BD]^3$$

REACTORES	CONVERSIÓN
RX-101	0,85
RX-102	0,99

RX-101:

En función a las corrientes A y D2

Triglicérido

$$[TG] = \text{CORRIENTE A } [TG] : \text{PM}$$

$$= 1130,89 \text{ kg/h} : 875 \text{ kg/kgmol}$$

$$[TG] = 1,29 \text{ kgmol/h}$$

Metanol

$$\Sigma \text{ CORRIENTE} = \text{CORRIENTE F (FRACCIÓN)} + \text{CORRIENTE B}$$

$$= 0,2236 \text{ Tn/h} + 0,0105 \text{ Tn/h}$$

$$= 0,2338 \text{ Tn/h} \text{ o } 233,8 \text{ kg/h}$$

$$[MT] = \Sigma \text{ CORRIENTE } [MT] : \text{PM}$$

$$= 233,8 \text{ kg/h} : 32 \text{ kg/kgmol}$$



$$=7,30 \text{ kgmol/h}$$

En función a la corriente G

Glicerol

$$[GL]= \text{CORRIENTE G [GL]} : \text{PM}$$

$$=0,12138734 \times 1000 : 93,92$$

$$=1,29 \text{ kgmol/h}$$

$$[BD \text{ o Ester }]= \text{CORRIENTE G [ESTER]} : \text{PM}$$

$$=0,121387 \times 1000 : 297,48$$

$$=0,408 \text{ kgmol/h}$$

Colocamos los valores en la ecuación diferencial:

$$-r = \frac{d[TG]}{dt} = -k_1 [TG]. [MT]^3 + k_6 [GL]. [BD]^3$$

$$-r = \frac{d[TG]}{dt} = -k_1 [1.29]. [7.30]^3 + k_6 [1.29]. [0.408]^3$$

$$-r = \frac{d[TG]}{dt} = -44 [3,58 \times 10^{-4}]. [2,02 \times 10^{-3}]^3 + 7 [3,58 \times 10^{-4}]. [1,13 \times 10^{-4}]^3$$

$$r = \frac{d[TG]}{dt} = 1,29 \times 10^{-10}$$

Reemplazamos los valores:

$$F_{Ao} X_A = r_A V$$

$$[F_{Ao}] = 504,7 \text{ mol/día*}$$

$$[x] = 0,85$$



$$[ra] = 1,29 \times 10^{-10} \text{ o } 1,11 \times 10^{-5} \text{ kgmol/día o } 0,011 \text{ mol/día}$$

$$V = 38999,54 \text{ L}$$

$$V = 38,99 \text{ m}^3$$

*(se contemplan las corrientes de ingreso y egreso al reactor)

- **Espesor del tanque**

Para el cálculo del espesor de los tanques se tendrá en cuenta la norma API 650. El procedimiento de diseño divide al tanque en 3 partes bien definidas, el cuerpo, el fondo y el techo del mismo. En el presente documento, se elige el **método de un pie** para determinar el espesor requerido del tanque:

- **Cuerpo del tanque:** El espesor del cuerpo debe ser mayor o igual al calculado para las condiciones de prueba hidrostática, que a su vez no debe ser menor que el calculado para las condiciones de diseño, pero nunca será menor al especificado en la siguiente tabla.

Espesores mínimos:

Diámetro nominal en metros	Espesor mínimo en milímetros
< 15.24	4.76
15.24 < 36.576	6.35
36.576 < 60.96	7.93
> 60.96	9.52

Tabla 10.10.3-Espesores mínimos.

Como el diámetro es 3,71 m entonces el espesor mínimo en milímetros será 4,76 m



El esfuerzo calculado por carga hidrostática no deberá ser mayor al permitido para el material utilizado. Los esfuerzos permitidos para algunos materiales se encuentran en la siguiente tabla:

Material	Tensile strength (N/mm ²)	Design stress at temperature °C (N/mm ²)									
		0 to 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Carbon steel (semi-killed or silicon killed)	360	135	125	115	105	95	85	80	70		
Carbon-manganese steel (semi-killed or silicon killed)	460	180	170	150	140	130	115	105	100		
Carbon-molybdenum steel, 0.5 per cent Mo	450	180	170	145	140	130	120	110	110		
Low alloy steel (Ni, Cr, Mo, V)	550	240	240	240	240	240	235	230	220	190	170
Stainless steel 18Cr/8Ni unstabilised (304)	510	165	145	130	115	110	105	100	100	95	90
Stainless steel 18Cr/8Ni Ti stabilised (321)	540	165	150	140	135	130	130	125	120	120	115
Stainless steel 18Cr/8Ni Mo 2½ per cent (316)	520	175	150	135	120	115	110	105	105	100	95

10.10.3.a-Esfuerzo permitido para diferentes aleaciones.

Fuente: (Sinnott R.K.,1983)

Como trabajaremos a temperaturas de 60°C, si bien el escoger el valor de 100°C resulta sobredimensionar. Hemos escogido las temperaturas de 0-50°C por proximidad. Entonces nos arroja un valor de 165 N/mm² para el acero inoxidable.

El método de un pie se basa en determinar el espesor por condiciones de diseño, y para la prueba hidrostática, considerando una sección transversal ubicada a



30,48 cm por debajo de la unión de cada anillo. Este método es válido para tanques de diámetro menor a 60m.

$$t_d = \frac{0,0005 D (H - 30,48)G}{S_t} + CA$$

$$t_h = \frac{0,0005 D (H - 30,48)}{S_h} + CA$$

Donde:

-td y th son los espesores de diseño y prueba hidrostática respectivamente, expresados en mm.

-D es el diámetro del tanque en cm.

-H es la altura del nivel del líquido desde el punto de diseño considerado, expresada en cm.

-G es la densidad relativa del fluido.

-CA es la corrosión admisible en mm.

-St y Sh son el esfuerzo permisible de diseño y de prueba hidrostática respectivamente, expresado en Kg/cm².

- Fondo del tanque:

El espesor mínimo del fondo se calcula con tabla. Este espesor se basa en la cimentación debajo del tanque que proporcione un soporte uniforme en toda la base. Así la carga calculada debe ser menor a la de tabla.

$$S_h = \frac{0,0005 D (H - 30,48)G}{t}$$



Donde t es el espesor mínimo al que posteriormente se le debe sumar la corrosión admisible.

Espesor Mínimo (mm) del Primer Anillo del Cuerpo	Esfuerzo Calculado para Prueba Hidrostática en el Primer Anillo del Cuerpo (Kg/cm ²)			
	<1989	<2109	<2320	<2530
$t < 19.05$	6.35	6.35	7.14	8.73
$19.05 < 25.4$	6.35	7.14	9.52	11.11
$25.4 < 31.75$	6.35	8.73	11.91	14.28
$31.75 < 38.10$	7.93	11.11	14.28	17.46
$38.10 < 44.45$	8.73	12.7	15.87	19.05

10.10.3.b-Espesor mínimo en fondo de tanques.

- Techo del tanque:

Para tanques de diámetro menor a 12 m se utilizan techos auto-soportados. Estos pueden ser cónicos, tipo sombrilla o de casquete esférico. El más económico y fácil de construir es el de tipo cónico este será elegido para el diseño.

El espesor mínimo del techo cónico auto soportado es de 4,76 mm y el espesor máximo de 12,76 mm. El ángulo de inclinación tiene sus límites entre 9,5° y 37°.

$$T_t = \frac{D}{4800 \sin \theta}$$

Donde:

T_t es el espesor del techo en mm.

D es el diámetro del tanque en cm.

θ el ángulo de inclinación del techo.



Con lo descripto, determinaremos el espesor:

El material utilizado para el tanque será acero inoxidable AISI 304.

El esfuerzo máximo permitido para este material en el rango de operación, es:

Según *Tabla 10.10.3.a-Esfuerzo permitido para diferentes aleaciones.*

$$S_t = 165 \frac{N}{mm^2} = 1683 \frac{Kg}{cm^2}$$

CA=1mm.

Reemplazando en los valores en las ecuaciones previamente enunciadas y sabiendo que la altura (H) es 3,6 m y el diámetro (D) 3,71 m , obtenemos:

Un St: 1683 Kg/cm³

t (esfuerzo 1683 Kg/cm³) =6,35

$$\frac{0,0005 D (H - 30,48)G}{S_t} = 0.0599$$

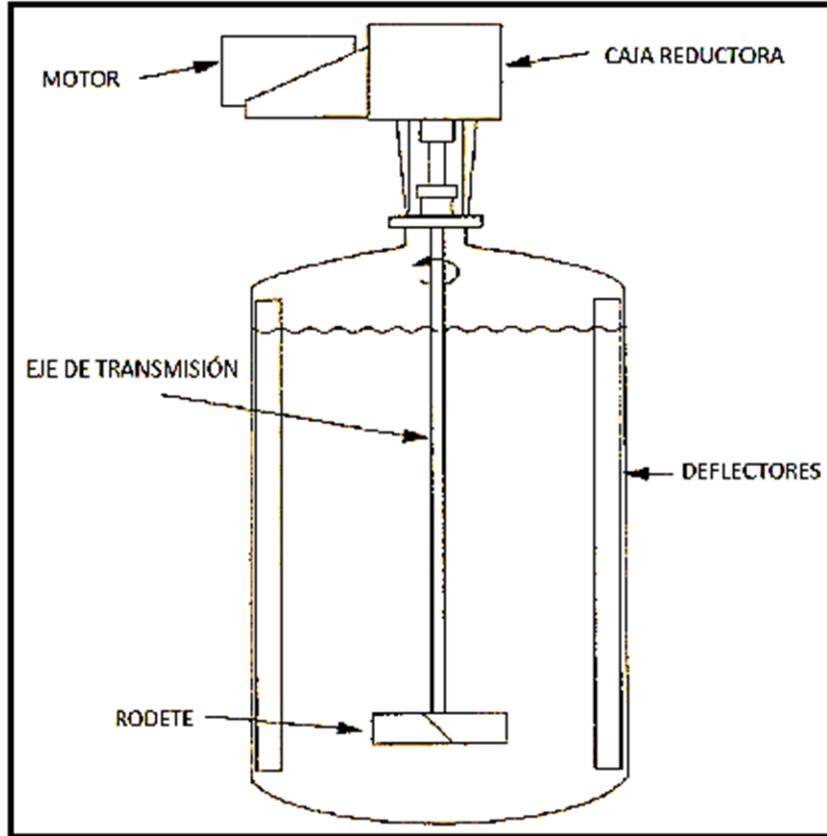
Sh=0.0094

Por lo tanto el espesor de prueba hidrostática (th) es : 7.35 mm y el espesor de diseño (td) es 1mm.

En cuanto al ángulo de inclinación, tras tomar 20° como ángulo; el espesor del techo será: Tt =0,00259 mm.

- Configuración del sistema de agitación

Varios tipos de recipientes y tanques de diferentes formas y tamaños geométricos se utilizan para el mezclado de fluidos. A continuación se muestra la configuración estándar de un tanque de mezcla.



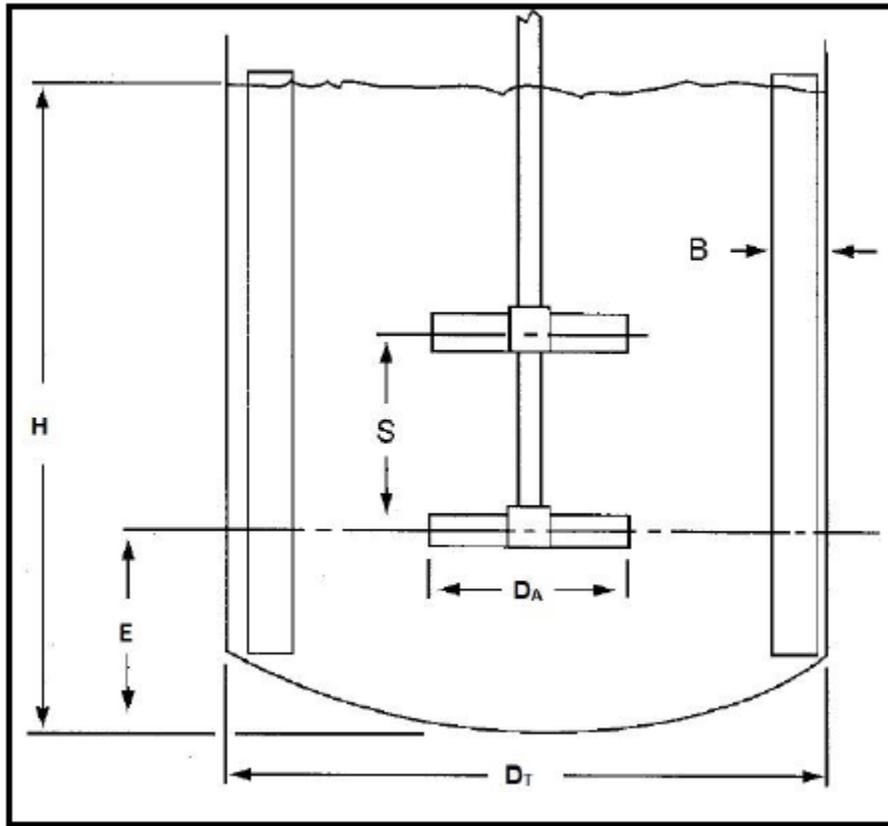
Configuración estándar de un Tanque de mezcla

Fuente: (Paul, Atiemo-Obeng, & Kresta, 2004)

Las proporciones geométricas de estas dimensiones para un sistema de agitación estándar son:

$\frac{D_A}{D_T} = \frac{1}{4}$	$\frac{H}{D_T} = 1$	$\frac{B}{D_T} = \frac{1}{12}$
$\frac{E}{D_A} = 1$	$\frac{W}{D_A} = \frac{1}{8}$	$\frac{S}{D_A} = 1$

Fuente: (Coker, 2001)



Variables dimensionales

Fuente: (Coker, 2001)

Dónde,

D_T : Diámetro del tanque

H: altura del líquido

D_A : Diámetro del agitador

B: ancho de la placa deflectora

E: distancia del fondo del tanque hasta el rodete

S: Separación entre agitadores

W: ancho de las aspas de la turbina o agitador de paletas



Por lo general, se utilizan cuatro deflectores. La siguiente tabla se muestra el número de agitadores necesarios y la elevación desde el fondo requerido, según la aplicación y la relación entre la altura de líquido y el diámetro del tanque (H/D_T).

Mixing System	Maximum Liquid Height, Z/T	Number of Impellers	Impeller Elevation from Tank Bottom	
			Bottom	Top
Liquid blending	1.4	1	$Z/3$	—
	2.1	2	$T/3$	$2 Z/3$
Solids suspension	1.2	1	$Z/4$	—
	1.8	2	$T/4$	$2 Z/3$
Gas dispersion	1.0	1	$T/6$	—
	1.8	2	$T/6$	$2 Z/3$

Número de agitadores requeridos

Fuente: (Paul, Atiemo-Obeng, & Kresta, 2004)

Según la bibliografía se establece que el agitador debe tener 1 m de diámetro a una velocidad de 125 rpm.

- **Potencia requerida por el motor**

La potencia consumida por un agitador, P , varía con respecto al diámetro del agitador, la gravedad, (g) la viscosidad del fluido (μ), la densidad (ρ), la velocidad de rotación del agitador (N), el diámetro del tanque, el ancho de las aspas y la altura del líquido. Esta expresión se muestra en la siguiente ecuación:

$$P = (D_A, g, \mu, \rho, N, W, H)$$



Haciendo uso del Análisis Dimensional pueden agruparse dichas variables en distintos módulos adimensionales, dando como resultado la ecuación:

$$\frac{P}{D_A^5 N^3 \rho} = K \left\{ \left(\frac{\mu}{D_A^2 N \rho} \right)^b \left(\frac{g}{N^2 D_A} \right)^d \left(\frac{D_T}{D_A} \right)^f \left(\frac{W}{D_A} \right)^g \left(\frac{H}{D_A} \right)^h \right\}$$

Esta ecuación se puede expresar de otra manera siendo:

$$N_p = K \left\{ Re^{-b} Fr^{-d} \left(\frac{D_T}{D_A} \right)^f \left(\frac{W}{D_A} \right)^g \left(\frac{H}{D_A} \right)^h \right\}$$

Siendo:

N_p : Número de potencia

Re : Número de Reynolds

Fr : Número de Froude

Rushton et al. (1950) realizaron extensas mediciones de los requisitos de energía para sistemas geoméricamente similares y encontraron que, para tanques con deflectores, el número de Froude no juega ningún papel en la determinación de los requisitos de potencia, ya que no se forman vórtices en tales sistemas. (Coker, 2001)

- Cálculo del Número de Reynolds del agitador

El número de Reynolds se lo calculó mediante la ecuación que hemos mencionado con las propiedades promedio del fluido y la velocidad del agitador:



densidad (ρ) de la corriente A más corriente D2: 878 kg/m³; viscosidad del fluido (μ) de la mezcla 0.4375 kg/m – s.

$$\text{Re} = \frac{D_A^2 N \rho}{\mu}$$
$$\text{Re} = \frac{(1 \text{ m})^2 \left(125 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) (878 \text{ kg/m}^3)}{0.4375 \text{ kg/m} - \text{s}}$$
$$\text{Re} = 4181$$

Re < 10 es régimen laminar

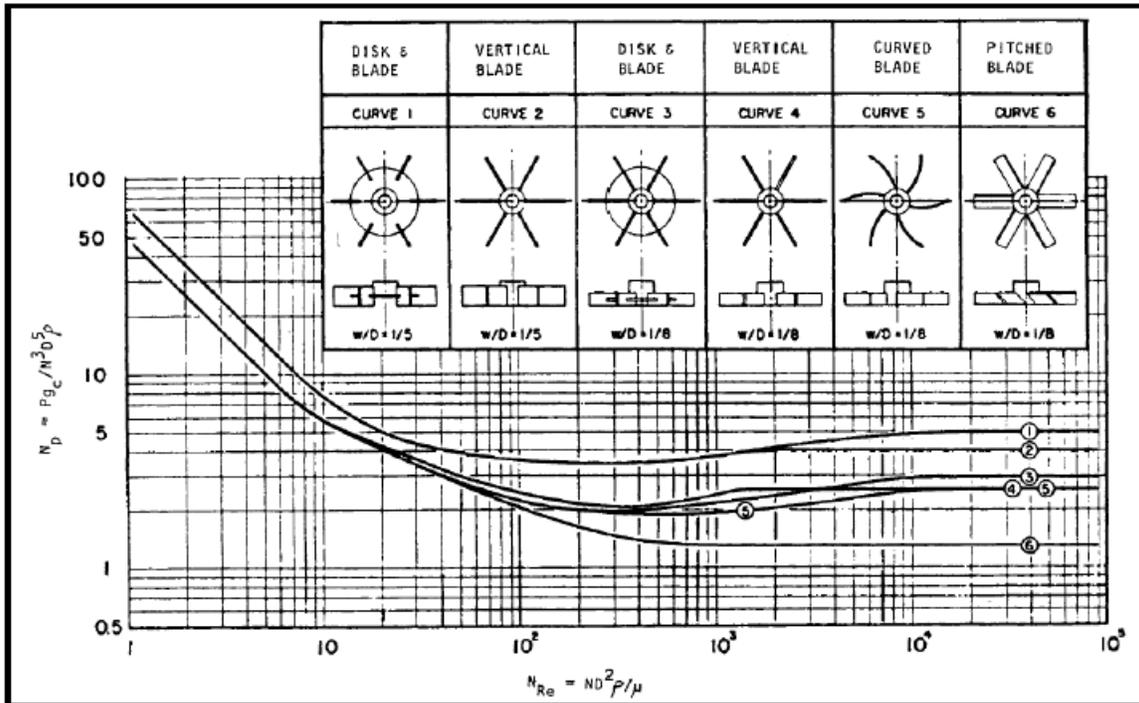
10 < Re < 10,000 es régimen de transición

Re > 10,000 es régimen turbulento

- Determinación del Número de Potencia

Los valores del número de potencia han sido por los resultados de la investigación hecha por (Bates Fondy & Corpstein, 1950) se presenta la siguiente figura, la cual muestra el valor del número de potencia en función del número de Reynolds para diferentes agitadores tipo turbina.

La figura es extraída de las tablas de fenómenos de transporte.



Número de potencia contra el Número de Reynolds para diferentes agitadores tipo turbina.

La cantidad de aspas son 6, curva #6 se obtuvo que el número de potencia para el agitador seleccionado siendo el valor $N_p:1,1$.

- Cálculo de la Potencia requerida por el agitador

La potencia se la calculó a partir de la ecuación:

$$P = N_p D_A^5 N^3 \rho$$



$$P = 1.1(1 \text{ m})^5 \left(125 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)^3 (878 \text{ kg/m}^3)$$

$$P = 8733 \text{ W} = 11.7 \text{ HP}$$

- Cálculo de la Potencia del motor eléctrico requerida

La potencia requerida del motor eléctrico debe considerar la eficiencia de sus elementos (η), y se la calculó mediante la ecuación:

$$P_m = \frac{P}{\eta}$$

$$P_m = \frac{11.7 \text{ HP}}{0.8}$$

$$P_m = 14.6 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se requiere de un motor de 15 HP.

- Cálculo del diámetro del eje de transmisión

Se utilizó la ecuación para el diámetro de un eje sometido a torque constante y flexión completamente reversible (Norton, 2013).

$$d = \left\{ \frac{32N_f}{\pi} \left[\left(K_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

En este caso, no existen fuerzas transversales aplicadas que causen flexión,



por lo tanto $M_a = 0$, y la ecuación se reduce a :

$$d = \left[\frac{16\sqrt{3}N_f}{\pi} \left(\frac{T_m}{S_y} \right) \right]^{\frac{1}{3}}$$
$$P = T_m \omega$$

Dónde,

N_f : Factor de seguridad

P : Potencia consumida por el agitador

ω : Velocidad angular

T_m : Torque medio

S_y : Resistencia a la fluencia del material

Se escogió usar acero de transmisión SAE 1018 y un factor de seguridad de

2.5. Despejando el torque de la ecuación, se obtuvo:

$$T_m = \frac{P}{\omega}$$

$$T_m = \frac{8733 \text{ W}}{125 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}}$$

$$T_m = 667.15 \text{ N.m}$$

$$S_y = 304 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$d = \left[\frac{16\sqrt{3}(2.5)}{\pi} \left(\frac{667.15 \text{ N.m}}{304 \times 10^6 \text{ Pa}} \right) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0.036 \text{ m}$$

$$d = 1 \frac{1}{2}''$$



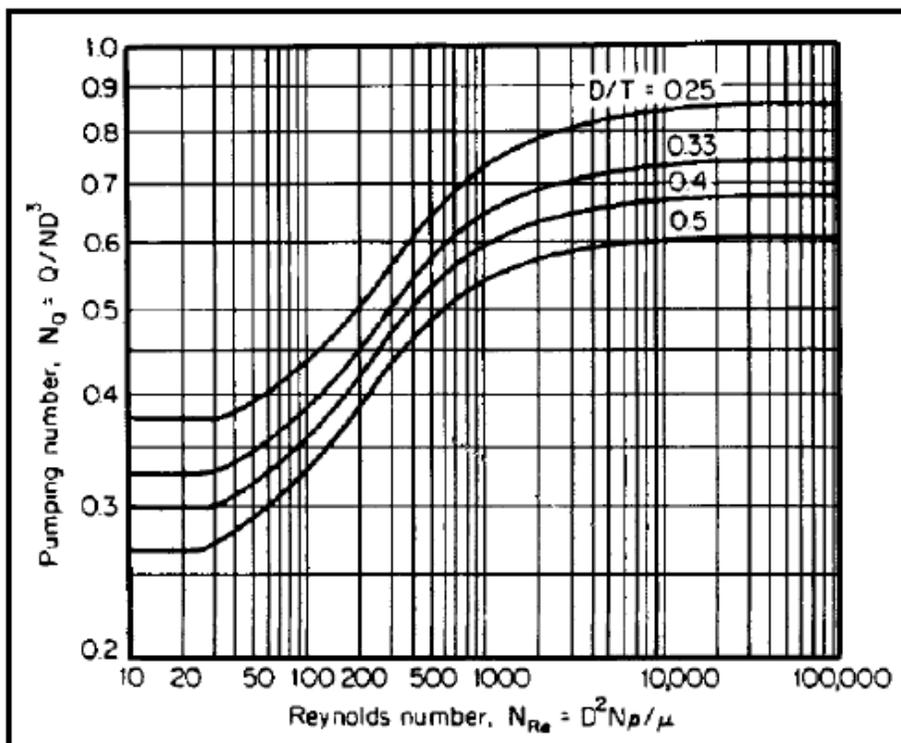
- Cálculo de la tasa de circulación interna

Los agitadores funcionan como bombas sin carcasa. La tasa de circulación interna, o flujo interno en el tanque, es la cantidad de flujo perpendicular al área de descarga del impulsor. Se la calculó mediante la ecuación:

$$Q = N_Q ND^3$$

Dónde N_Q es el “número de flujo” o “número de bomba”, el cual depende del tipo de agitador, la relación DA/DT y el número de Reynolds del agitador. Los valores del número de bomba para los agitadores tipo turbina de aspas inclinadas se han obtenido experimentalmente.

Utilizaremos las tablas de fenómenos de transporte respecto del Número de flujo contra número de Reynolds para turbinas de aspas inclinadas.





El número de flujo graficado según el número de Reynolds para distintas relaciones DA/D_T para este tipo de agitador.

De la figura se obtuvo que el número de flujo para un agitador con un número de Reynolds de 4181 y relación $DA/D_T = 0.26$ es 0.8. Este dato se lo reemplazó junto con la velocidad de rotación y el diámetro del agitador en la ecuación siendo el valor Q :

$$Q = 0.8 \left(125 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) (1 \text{ m})^3$$
$$Q = 1.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tiempo de mezcla

La tasa de bombeo y el número de rotaciones determinan el tiempo de mezcla. El número de rotaciones para alcanzar 95% de homogeneidad es una función de la viscosidad del líquido, a continuación se muestra el número de rotaciones para alcanzar 95% de homogeneidad.

Viscosidad (cP)	< 100	100 – 1000	1000 – 5000	> 5000
Número de rotaciones para 95% de homogeneidad	3	10	50	> 100

Número de rotaciones para alcanzar 95% de homogeneidad

Fuente: (Paul, Atiemo-Obeng, & Kresta, 2004)



Según la viscosidad podríamos estipular que el número de rotaciones para llegar al 95% de homogeneidad se da en el tiempo:

$$t_{95} = \frac{n \times V}{Q}$$
$$= (9 \times 38,99)/1,67$$
$$= 210,12 \text{ s}$$

Este tiempo de mezcla fue corregido para alcanzar el 99% de homogeneidad mediante la ecuación:

$$t_{99} = 1.537t_{95}$$
$$= 1.537 \times (210,12)$$
$$= 322.95 \text{ s}$$

- Calidad del mezclado

La velocidad lineal superficial-la tasa volumétrica de circulación interna por unidad de sección transversal del tanque es adoptada como una medida de la calidad del mezclado (Walas, 1990).

La velocidad lineal superficial se la calculó mediante la ecuación:

$$V = \frac{Q}{A_T}$$

$$V = 1,67 / [\pi * (3,71)^2] / 4$$

$$V = 0,15 \text{ m/s} = 0,48 \text{ ft/s}$$



- Desempeño del mezclado según la velocidad lineal superficial

pie/s	Descripción
0.1 – 0.2	Bajo grado de agitación; una velocidad de 0.2 pie/s: a) mezclará líquidos miscibles a la uniformidad cuando la diferencia de gravedad específica es menor a 0.1 b) mezclará líquidos miscibles a la uniformidad si la relación de viscosidades es menor a 100 c) establecerá movimiento del líquido a través del recipiente d) producirá una superficie plana, pero en movimiento
0.3 – 0.6	Agitación moderada. Característica de la mayoría de la agitación utilizada en el procesamiento químico; una velocidad de 0.6 pie/s: a) mezclará líquidos miscibles a la uniformidad cuando la diferencia de gravedad específica es menor a 0.6 b) mezclará líquidos miscibles a la uniformidad si la relación de viscosidades es menor a 10,000 c) suspenderá s trazas de sólido (menos del 2%) con velocidades de sedimentación de 2 - 4 pies/min. d) Producirá una superficie ondulante a bajas viscosidades.
0.7 – 1.0	Alto grado de agitación; una velocidad de 1.0 pie/s: a) mezclará líquidos miscibles a la uniformidad cuando la diferencia de gravedad específica es menor a 1.0 b) mezclará líquidos miscibles a la uniformidad si la relación de viscosidades es menor a 100,000 c) suspenderá s trazas de sólido (menos del 2%) con velocidades de sedimentación de 4 - 6 pies/min. d) Producirá una superficie ondulada a bajas viscosidades.

Fuente: (Walas, 1990)

Según la tabla podremos decir que la velocidad lineal superficial se produce a una agitación moderada.

RX-102:

En función a las corrientes I y K

Triglicérido

[TG]= CORRIENTE I [TG] : PM

= 160 kg/h: 875 kg/kgmol



$$[TG]= 0,1828 \text{ kgmol/h}$$

Se puede apreciar que la concentración se reduce en cuanto al reactor (RX-101) y esto es correcto ya que debe disminuir la concentración de TG para dar mayor cantidad de éster.

Metanol

$$[MT]= \text{CORRIENTE K}$$

$$=31,52 \text{ lb/h o } 1429,72$$

$$[MT]= \text{CORRIENTE K : PM}$$

$$=1429,72 \text{ kg/h: } 32 \text{ kg/kgmol}$$

$$=44,67 \text{ kgmol/h}$$

En función a la corriente L

Glicerol

$$[GL]= \text{CORRIENTE L [GL] : PM}$$

$$=1,74 \times 1000 : 93,92$$

$$=18,52 \text{ kgmol/h}$$

$$[BD \text{ o Ester }]= \text{CORRIENTE L [ESTER] : PM}$$

$$=131.82 \times 1000 : 297,48$$

$$=44,31 \text{ kgmol/h}$$

Para verificar la veracidad de los resultados a continuación se podrá notar con la concentración de [Ester] del Tk-102 y Tk-101, da una conversión del 99%, en



los capítulos anteriores hemos comentado que la conversión que se obtiene en el reactor de transesterificación es del 99%.

Colocamos los valores en la ecuación diferencial:

$$-r = \frac{d[TG]}{dt} = -k_1 [TG]. [MT]^3 + k_6 [GL]. [BD]^3$$

$$-r = \frac{d[TG]}{dt} = -k_1 [0.18]. [44.67]^3 + k_6 [18.52]. [44.31]^3$$

$$-r = \frac{d[TG]}{dt} = -44 [5 \times 10^{-5}]. [0.012]^3 + 7 [5.14 \times 10^{-3}]. [0.012]^3$$

$$r = \frac{d[TG]}{dt} = 5,83 \times 10^{-8}$$

Si bien en los capítulos anteriores hemos distinguido que la reacción de transesterificación es más lenta que la de esterificación, matemáticamente podemos notar que la velocidad de reacción dada para el RX-102 (transesterificación) es más rápida respecto del RX-101 (esterificación). Aquí no es que se presenta una contradicción sino que se contempla que el reactor de transesterificación presenta una chaqueta calefactora de unos 60°C para disminuir la velocidad de reacción y con ello acelerar el proceso.

Reemplazamos los valores:

$$F_{A0} X_A = r_A V$$

$$[F_{A0}] = 12,13 \text{ kgmol/día*}$$

$$[x] = 0,99$$



$$[ra] = 5,83 \times 10^{-8} \text{ o } 2,09 \times 10^{-4} \text{ kgmol/día}$$

$$V = 57457,54 \text{ L}$$

$$V = 57,45 \text{ m}^3$$

*(se contemplan las corrientes de ingreso y egreso al reactor)

Si evaluamos los datos, el orden dado es correcto ya que el volumen del tanque de biodiesel es de $40,73 \text{ m}^3$, si consideramos que del reactor se divide las corrientes para obtener el biodiesel y la glicerina su volumen es correcto.

Si bien este reactor contiene agitador al igual que el RX-101, no haremos la misma descripción sino que nos centraremos en el calentamiento que este debe presentar ya que para el RX-102 es necesario que la reacción se lleve a cabo a unos 60°C , por un lapso de 60 min.

El reactor por lo que hemos comentado presenta la alimentación de las corrientes I y K.

A continuación describiremos el diseño del sistema de calentamiento.

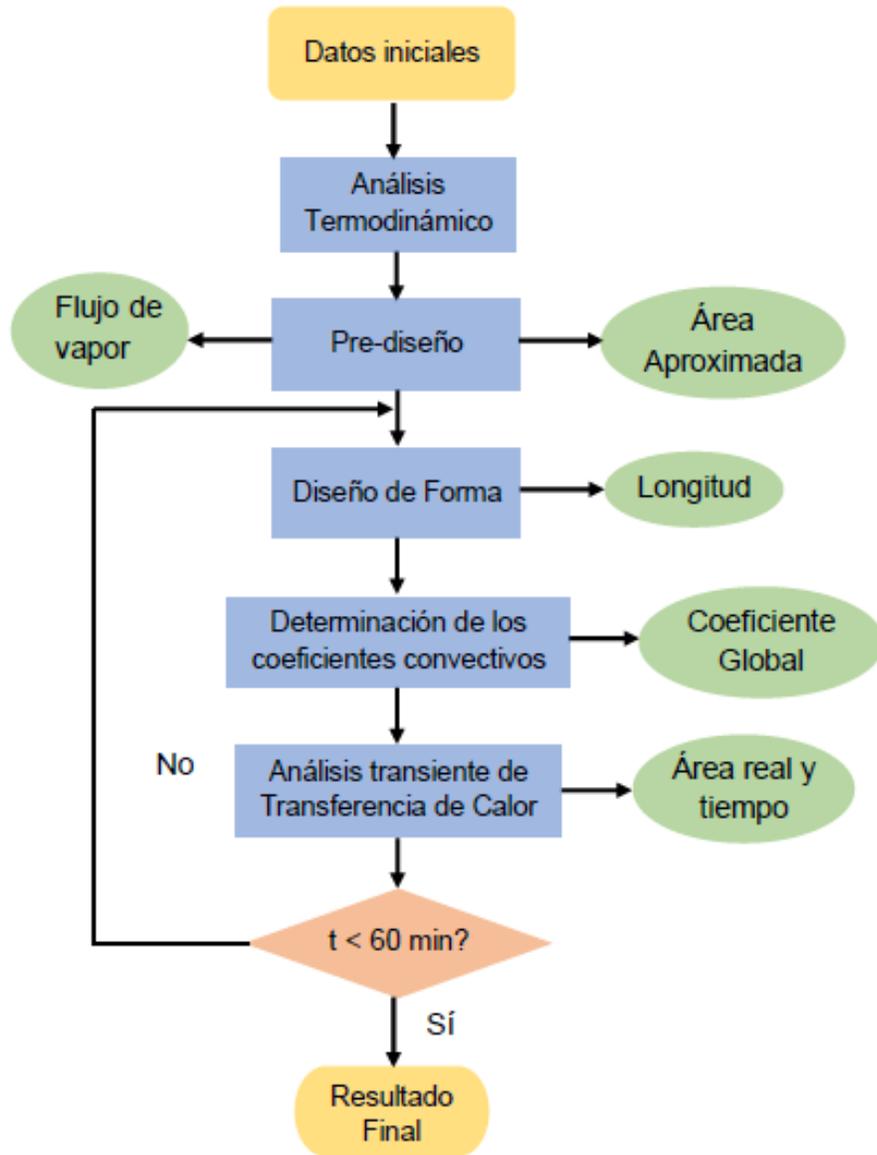
- Diseño del Sistema de Calentamiento

El diseño térmico del serpentín del tanque consiste en la determinación del área de transferencia de calor requerida para subir o bajar la temperatura del contenido por una magnitud especificada en un intervalo de tiempo.



- Metodología del Diseño Térmico

Se siguió la metodología de diseño de intercambiadores de calor:



- **Datos iniciales**

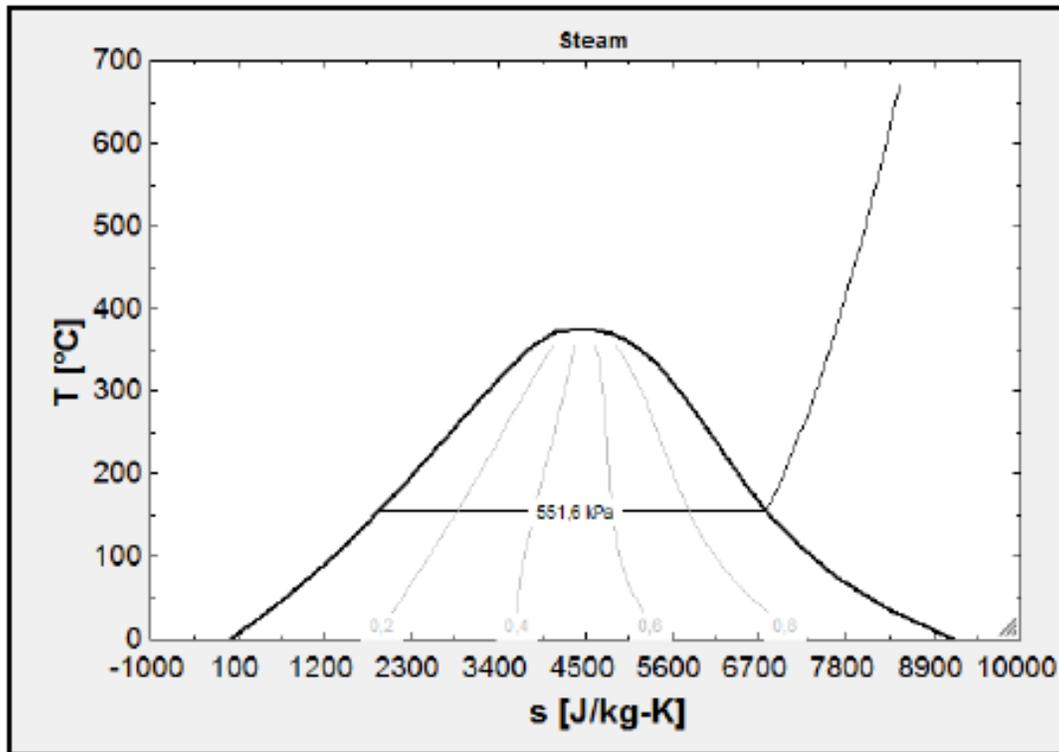
El aceite de colza, el catalizador y el alcohol entran al tanque de mezcla a 25 °C y deben calentarse hasta 60 °C en 60 minutos. Se requiere calcular el flujo de



vapor necesario para proveer el calor requerido para lograr este proceso. Se diseñó para la masa de mezcla contenida hasta el nivel normal de llenado.

El fluido de calentamiento es vapor de agua suministrado por una caldera que opera a 80 psig, entra al serpentín con una calidad del 100% y sale del serpentín como líquido saturado (calidad igual a cero).

La siguiente figura muestra el diagrama Temperatura-Entropía del proceso que experimenta el vapor al pasar por el serpentín.



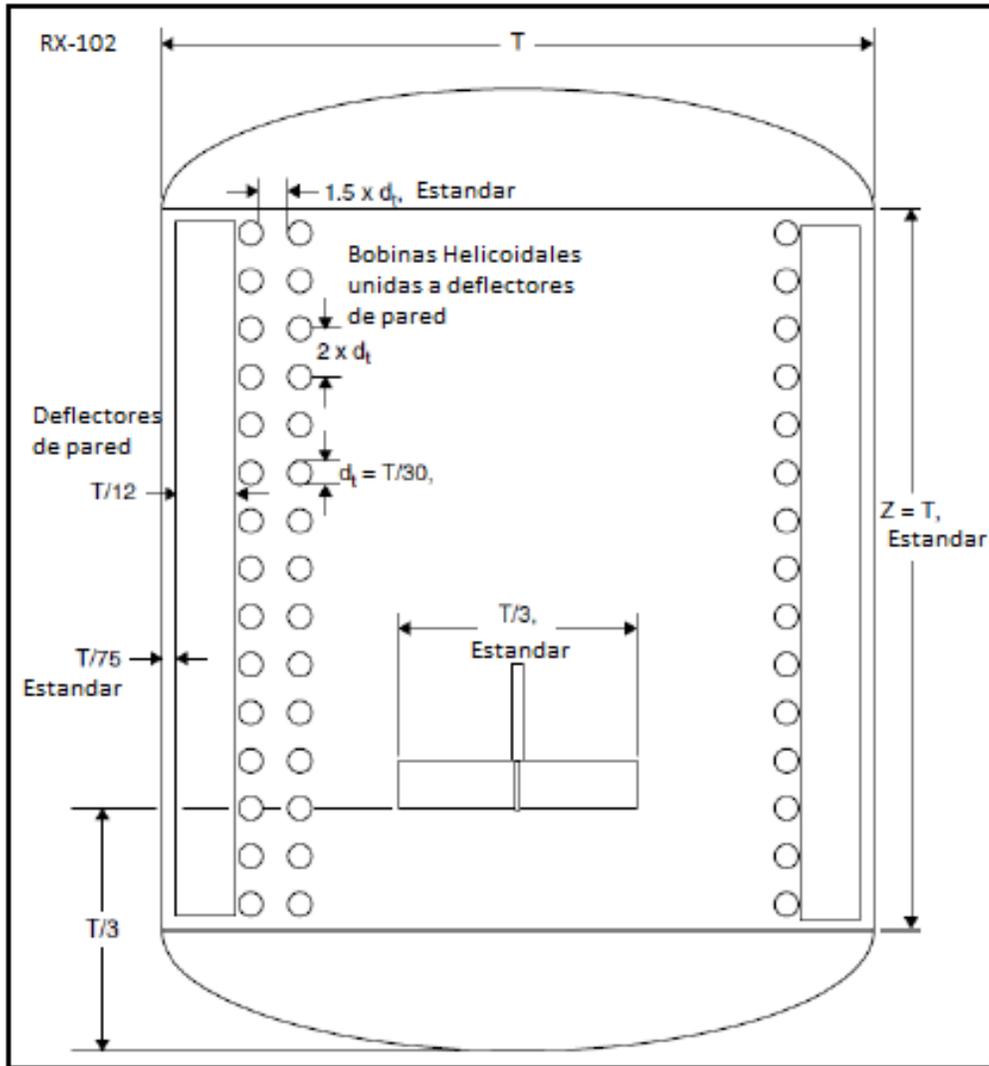
Proceso que atraviesa el vapor

Fuente: Autor

Para el del serpentín se empleó tubería ASTM A-53 grado B cédula (sch) 40 ya que la contaminación por corrosión es tolerable.



En la siguiente figura se muestra la configuración estándar de un tanque agitado y calentado mediante un serpentín helicoidal sumergido.



Configuración estándar de un serpentín helicoidal en un tanque Agitado.

Fuente: Autor

Para el cálculo se tomaron las siguientes asunciones:

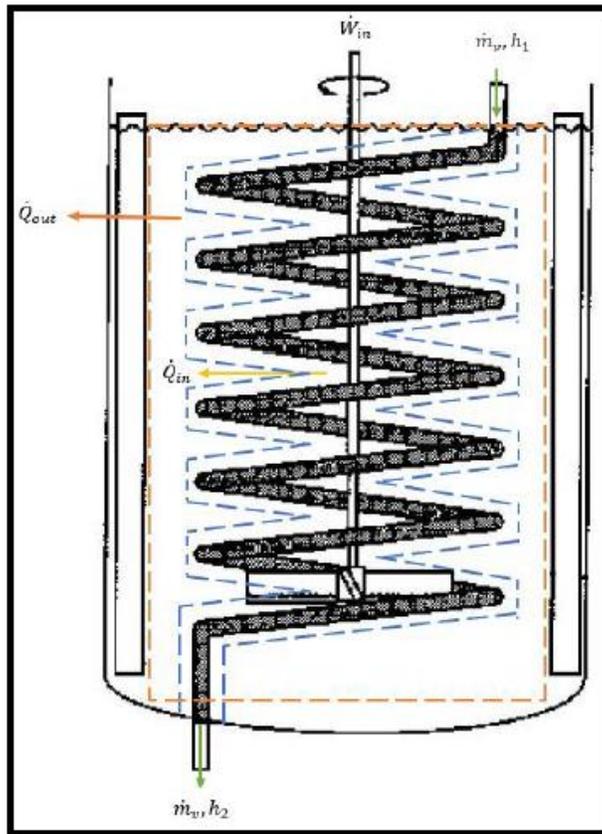


- 1) El coeficiente global de transferencia de calor (U) es constante para el proceso y sobre toda la superficie.
- 2) El caudal del fluido de calentamiento es constante.
- 3) Los calores específicos de los fluidos son constantes a una temperatura promedio.
- 4) El medio de calentamiento tiene temperatura constante.
- 5) La agitación produce que la temperatura del fluido en el tanque sea uniforme.
- 6) Las pérdidas de calor son despreciables.
- 7) No existe generación de calor.
- 8) Los cambios de energía cinética y potencial son despreciables.

- **Análisis Termodinámico: Balance de Energía**

Se definió una masa control que comprende solamente el fluido de proceso y un volumen de control que comprende al serpentín helicoidal de vapor, a partir de los cuales se realizaron sus balances de energía.

La Figura muestra el esquema de la masa y volumen de control definidos.



Masa y Volumen de Control

Fuente: Autor

Se aplicó la Primera Ley de la Termodinámica, representada por la siguiente ecuación para realizar el balance de energía en el fluido de producto, que corresponde a la masa de control en color naranja.

$$\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{salida} = \frac{dE_{cv}}{dt} \quad \text{Ec.1}$$

$$\dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) - \dot{m}_o \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right) = \frac{dE_{cv}}{dt}$$

$$\dot{W}_{in} + \dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out} = \frac{dU}{dt}$$



Como $\dot{Q}_{out} = 0$, $dU = mC_p dT$ y $\dot{Q}_{in} = UA\Delta T$, se obtuvo:

$$\dot{W}_{in} + UA(T_{sat} - T_{oil-colza}) = mC_p \frac{dT_{oil-colza}}{dt} \quad \text{Ec.2}$$

Se realizó el siguiente cambio de variables:

$$\theta = (T_{sat} - T_{oil-colza}) \quad \text{Ec.3}$$

Se derivó la ecuación y se obtuvo:

$$d\theta = -dT_{oil-colza} \quad \text{Ec.4}$$

Considerando las ec.3 y 4 colocándolas en la ec. 2 obtenemos:

$$UA\theta + \dot{W}_{in} = -mC_p \frac{d\theta}{dt} \quad \text{Ec.5}$$

Reordenando:

$$-\frac{UA}{mC_p}\theta - \frac{\dot{W}_{in}}{mC_p} = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{Ec.6}$$

Sacando factor común:



$$-\frac{UA}{mC_p} \left(\theta + \frac{\dot{W}_{in}}{UA} \right) = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{Ec.7}$$

Reordenando:

$$-\frac{UA}{mC_p} dt = \frac{d\theta}{\left(\theta + \frac{\dot{W}_{in}}{UA} \right)} \quad \text{Ec.8}$$

Se integró la ecuación ec.8 entre los límites superior e inferior:

$$-\frac{UA}{mC_p} \int_0^t dt = \int_{\theta_i}^{\theta} \frac{d\theta}{\left(\theta + \frac{\dot{W}_{in}}{UA} \right)}$$

$$\theta_i = T_{sat} - T_{oil-coolte ; i}$$

$$-\frac{UA}{mC_p} t = \ln \left(\frac{\theta + \frac{\dot{W}_{in}}{UA}}{\theta_i + \frac{\dot{W}_{in}}{UA}} \right) \quad \text{Ec.9}$$

Se despejó t de la ec.9



$$t = -\frac{mC_p}{UA} \ln \left(\frac{\theta + \frac{\dot{W}_{in}}{UA}}{\theta_i + \frac{\dot{W}_{in}}{UA}} \right) \quad \text{Ec.10}$$

Se regresó a las variables iniciales:

$$t = -\frac{mC_p}{UA} \ln \left(\frac{T_{sat} - T_{oil-coilze} + \frac{\dot{W}_{in}}{UA}}{T_{sat} - T_{oil-coilze;i} + \frac{\dot{W}_{in}}{UA}} \right) \quad \text{Ec.11}$$

La ec.11 indica el tiempo que se tarda en calentar o enfriar el aceite lubricante desde una temperatura inicial. Se despejó la temperatura del aceite para obtener su variación en función del tiempo y se obtuvo la ec.12:

$$T_{oil-coilze}(t) = T_{sat} + \frac{\dot{W}_{in}}{UA} - \left(T_{sat} - T_{oil-coilze;i} + \frac{\dot{W}_{in}}{UA} \right) e^{-\frac{UA}{mC_p}t} \quad \text{Ec.12}$$

El término 1/U se lo obtiene mediante la ec.13:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + R''_{f,i} + \frac{1}{h_o} + R''_{f,o} \quad \text{Ec.13}$$

$$A = \pi DL$$

$$Nu = \frac{hD}{k}$$



Dónde,

Los subíndices i y o se refieren a interior y exterior respectivamente

A: Área de transferencia de calor

U: Coeficiente global de transferencia de calor

m: Masa del producto dentro del tanque

C_p: Calor específico del aceite de colza

t: Tiempo de calentamiento

h: Coeficiente convectivo de transferencia de calor

R[”] f: Factor de ensuciamiento (fouling)

D: Diámetro de la tubería del serpentín

k: Conductividad térmica

L: Longitud del serpentín

T_{sat}: Temperatura de saturación del vapor

T_{oil-colza}: Temperatura del aceite de colza en el tanque

Nu: Número de Nusselt

Se deben calcular los coeficientes convectivos de transferencia de calor interno y externo mediante correlaciones adecuadas ya desarrolladas para el número de Nusselt según sea el caso.

Además, se realizó un balance de energía en el serpentín de vapor, cuyo volumen de control es de color azul y se obtuvo la ec.14



$$\begin{aligned}\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{salida} &= \frac{dE_{cv}}{dt} \\ \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_{v,i} \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) - \dot{m}_{v,o} \left(h_o + \frac{V_o^2}{2} + gz_o \right) &= \frac{dE_{cv}}{dt} \\ -\dot{Q}_{in} + \dot{m}_v (h_1 - h_2) &= 0 \\ \dot{Q}_{in} &= \dot{m}_v (h_g - h_f)\end{aligned}\quad \text{Ec.14}$$

Dónde,

h_g : Entalpía específica del vapor saturado

h_f : Entalpía específica del líquido saturado

\dot{m}_v : Flujo másico del vapor en el serpentín

- Pre-diseño

Se realizó un balance de energía en la masa de control asumiendo una entrada de calor constante durante 60 minutos:

$$\begin{aligned}\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{salida} &= \frac{dE_{cv}}{dt} \\ \dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} &= \frac{Mc(T_f - T_i)}{t} \\ \dot{Q}_{in} &= \frac{Mc(T_f - T_i)}{t} - \dot{W}_{in}\end{aligned}$$

\dot{W}_{in} : 8733 W

Mc : 13761,77



Tf: 20 °C

Ti: 60 °C

t:60s

$$Q_{in} = 441,516 \text{ W}$$

Se reemplazó este flujo de calor en la ec.14; para obtener una primera aproximación del flujo másico de vapor:

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}_{in}}{(h_g - h_f)}$$
$$\dot{m}_v = \frac{441,516 \text{ W}}{(2.75 \times 10^6 - 2.1 \times 10^6) \text{ J/kg}}$$
$$\dot{m}_v = 0.21 \text{ kg/s}$$

Con el calor de entrada encontrado, se calculó también un área aproximada, aplicando la Ley de Newton de Transferencia de Calor con un coeficiente global típico, y la diferencia de temperaturas media logarítmica.

La Tabla muestra valores típicos del coeficiente global de transferencia de calor entre distintos fluidos para serpentines sumergidos en un recipiente agitado.

Fluido en el serpentín	Fluido en el recipiente	U (W/cm ² K)
Vapor	Soluciones acuosas diluidas	800 – 1500
Vapor	Aceites ligeros	300 – 500
Vapor	Aceites pesados	200 – 400
Soluciones acuosas	Agua	400 – 700
Aceites ligeros	Agua	200 – 300

Valores típicos del Coeficiente Global de Transferencia de Calor

Fuente: (Sinnott, 2005)



De la tabla se obtuvo que el valor promedio para vapor fluyendo dentro de un serpentín helicoidal sumergido en aceites liviano es 300 W/cm²K.

Fluido en el serpentín: Vapor

Soluciones acuosas diluidas: Aceite liviano

La diferencia de temperaturas media logarítmica se la calculó mediante la ec.15.

$$\Delta T_{LM} = \frac{T_f - T_i}{\ln\left(\frac{T_{sat} - T_i}{T_{sat} - T_f}\right)} \quad \text{Ec.15}$$

$$T_f - T_i = 40^\circ\text{C}$$

$$\ln\left(\frac{T_{sat} - T_i}{T_{sat} - T_f}\right) = \ln(89-60/89-20)$$

$$\Delta T_{LM} = 46.14^\circ\text{C} \text{ o } 319.14 \text{ K}$$

La Ley de Newton de Transferencia de Calor se muestra en la ecuación:

$$Q = UA\Delta T_{LM}$$

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{LM}}$$

$$A = 441,516 / (300 \times 319.14)$$

$$A = 46.11 \text{ m}^2$$



- **Diseño de Forma**

El serpentín helicoidal se fabricará a partir de tubos de acero ASTM A-53 Céd. 40. Los tamaños nominales de tubería recomendados para esta aplicación son: 1 ½", 2" y 2 ½".

Se calculó la longitud aproximada de tubería necesaria para cada tamaño de tubería.

La Tabla muestra la longitud de tubería requerida por cada tamaño de tubería, para cumplir el área aproximada.

Tamaño nominal	1 ½"	2"	2 ½"
Diámetro exterior D_o (mm)	48.3	60.3	73.0
Perímetro externo (mm)	151.7	189.4	229.3
Longitud (m)	82.4	66.0	54.5

Longitud aproximada de tubería

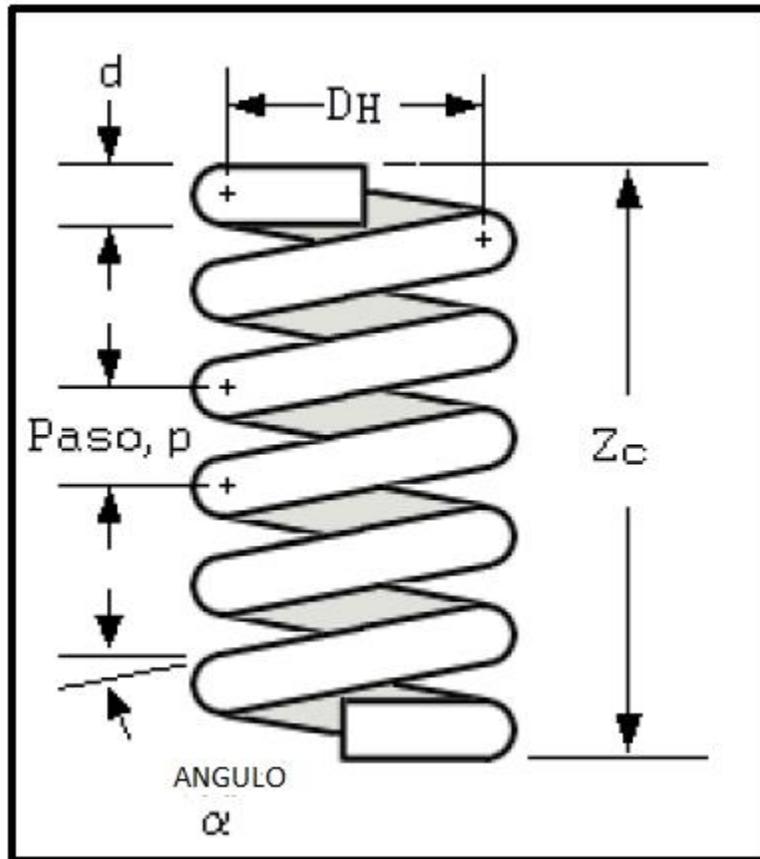
Fuente: Autor

Se decidió usar una tubería de diámetro 1 ½" pulgadas para el serpentín helicoidal.

- **Diseño de la geometría del serpentín helicoidal**

Una vez determinados el diámetro de la tubería y la longitud del serpentín, se procedió a determinar las demás dimensiones del serpentín.

La Figura muestra las dimensiones que definen a un serpentín helicoidal.

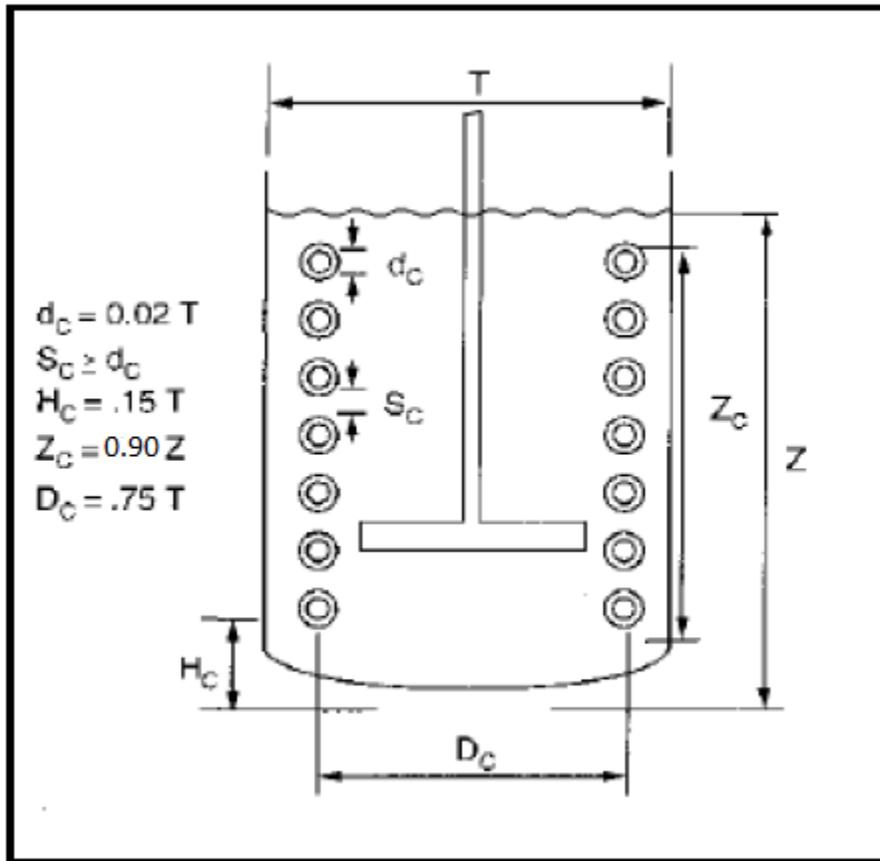


Dimensiones de un serpentín helicoidal

Ya que el serpentín debe sujetarse a una base de 6 mm de espesor en el filo de los deflectores, los cuales tienen un ancho de 320 mm más una separación de 60 mm, y el diámetro exterior de la tubería es de 48 mm, el diámetro de la hélice debe ser la resta entre el diámetro del tanque y estas cuatro longitudes:

$$D_H = 3820 - 2(320) - 2(60) - 2(6) - 48 = 3000 \text{ mm}$$

La figura muestra que la altura recomendada del serpentín debe ser aproximadamente 0.65 de la altura del líquido Z, que es 3.9 m.



Dimensiones recomendadas del serpentín

Fuente: Autor

Por lo tanto,

$$Z_c \approx 0.90 \times (3900) = 3510 \text{ mm}$$

La longitud total de la hélice cilíndrica está sujeta a la ec.16

$$L_H = N \times \sqrt{p^2 + (\pi D_H)^2} \quad \text{Ec.16}$$



Dónde,

LH: Longitud de la hélice cilíndrica o del serpentín.

N: Número de espirales.

p: paso del serpentín.

DH: Diámetro de la hélice.

Datos bibliográficos aconsejan:

$$p = 355.4 \text{ mm}$$

$$N = 6.998 = 7$$

$$D_H = 3000 \text{ mm}$$

Según la ec.16 la longitud de la hélice cilíndrica es: L_H : 66020,33 mm o 66 m.

Por facilidad de construcción, se establecieron las dimensiones finales del serpentín en los valores mostrados en la Tabla:

Dimensión	Valor Final
Número de espirales , N	7
Paso del serpentín , p	350 mm
Diámetro de la hélice , D_H	3000 mm
Altura del serpentín , Z_c	3510 mm
Angulo de la hélice , α	2.13 °
Longitud del serpentín , L_H	66000 mm



La superficie que cubre en el reactor el serpentín es de aproximadamente un 65 %, la altura del serpentín es de 3,5 m y la altura del reactor es de 5,4 m.

A partir de las dimensiones establecidas para el tanque, el agitador y el serpentín helicoidal, se realizó un modelo en la computadora con las dimensiones reales.

Los planos de construcción de este modelo se encuentran en el capítulo 11.

10.11 VÁLVULAS

10.11.1 GENERAL

La Válvula es un instrumento de regulación y control de fluido. Es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

10.11.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

Se observa en el capítulo 11 – planimetría

10.12 INSTRUMENTOS DE CONTROL

10.12.1 GENERAL



La implementación de un sistema de control de los equipos es muy importante para poder garantizar la seguridad y la eficiencia de una planta química. Gracias a este sistema, se controlan todas las variables que intervienen en el proceso y que podrían afectar a este y, por lo tanto, se asegura la calidad, la viabilidad y la seguridad. Asimismo la economía de la empresa y los factores medioambientales serán más favorables. A la hora de poner en marcha la planta, se debe tener en cuenta que, a pesar de que se haya hecho un buen diseño de los equipos, siempre existe la posibilidad de que se experimenten perturbaciones que puedan afectar al proceso.

10.12.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

Se observa en el capítulo 11 – planimetría



11. PLANIMETRÍA

11.1 PLANO DE PLANTA –PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD-PLANO1)





11.2 DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID-PLANO2)





11.3 ISOMETRICA DE TRAMO (ISO-PLANO3)

- TRAMO BOMBA P-01 ISOMETRICA (3.1)
- TRAMO BOMBA P-01 AÉREA (3.2)
- TRAMO BOMBA P-01 LATERAL (3.3)









11.4 LAYOUT DE PLANTA (LAYOUT-PLANO4)





11.5 ESQUEMA DEL REACTOR RX-102

-DIMENSIONES RX-102–PLANO 5

-SERPENTÍN DE CALENTAMIENTO –PLANO 5.1

-REACTOR RX-102 –PLANO 5.2









ESTUDIO ECONÓMICO



12. ESTUDIO DE MERCADO

12.1 OFERTA

El alcance del proyecto se basa en la comercialización del biodiesel como así también de la glicerina.

La industria de biodiesel en Argentina cuenta con 37 fábricas, con una capacidad de producción anual conjunta cercana a 4,4 Mt/año. Es un complejo industrial de gran relevancia para el país, ya que en el año 2016 produjo cerca de 2,6 Mt de biodiesel, exportando 1,6 Mt y generando divisas por U\$S 1.175 millones.

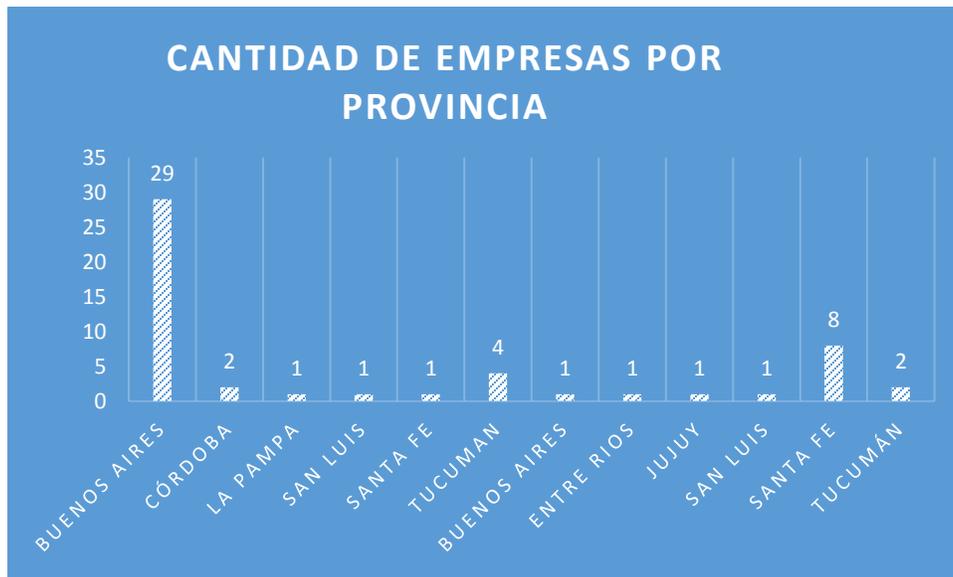
La industria de biocombustible en la República Argentina cuenta en la actualidad (cierre contable 2017) con 50 fábricas, la cuales registran una capacidad de producción anual de biodiesel conjunta de aproximadamente 4.400.000 toneladas/año. El Ministerio de Energía y Minería presenta una tabla de todas las productoras de biocombustibles en el país, incluyendo a las productoras de bioetanol. En un cuadro posterior podremos observar todas las productoras de biodiesel separadas por su capacidad de producción en grandes, grandes no



integrada, medianas y pequeñas. Las mismas serán todas las opciones de oferta que presenta el mercado interno y con las cuales deberemos competir por un lugar.

Elaboradora de Biocombustibles y sus mezclas con GasOil y/o Naftas			
N Registro	CUIT	EMPRESA	Dirección
324	33-71005596-9	AGRO M Y G S.A.	Buenos Aires
327	30-71182906-3	ACA BIO COOPERATIVA LIMITADA	Buenos Aires
125	30-70828819-1	ADVANCED ORGANIC MATERIALS S.A.	Buenos Aires
205	30-50123409-1	AKZO NOBEL FUNCTIONAL CHEMICALS S.A.	Buenos Aires
191	30-71037267-1	Alconoa S.R.L.	Buenos Aires
253	30-67948866-6	ARIPAR CEREALES S.A.	Buenos Aires
265	30-70975604-0	BH BIOCOMBUSTIBLES S.R.L.	Santa Fe
367	30-70794949-6	BIO ATAR S.A.	Buenos Aires
256	30-71095551-0	BIO LEDESMA S.A.	Jujuy
306	30-71230490-8	BIO NOGOYA S.A.	Entre Rios
320	33-71196758-9	BIO RAMALLO S.A.	Buenos Aires
249	33-71095574-9	Bio San Isidro S.A.	Buenos Aires
312	30-71195812-2	BIOBAHIA S.A.	Buenos Aires
350	30-71210748-7	BIOBAL ENERGY S.A.	Buenos Aires
321	30-71196993-0	BIOBIN S.A.	Buenos Aires
347	30-71214537-0	BIOCORBA S.A.	Buenos Aires
359	30-71486412-9	BIOENERGÉTICA LEALES S.A.	Tucumán
190	30500733396	BIOENERGIA LA CORONA S.A.	Buenos Aires
216	30-71113843-5	BIOENERGIA SANTA ROSA S.A.	Buenos Aires
295	30-70993431-3	BIOETANOL RIO CUARTO S.A	Córdoba
250	30-71119057-7	BIOTRINIDAD S.A.	Tucuman
285	30-50679216-5	CARGILL S.A.C.I.	Buenos Aires
309	30-70779108-6	COFCO ARGENTINA S.A.	Buenos Aires
277	33-71100935-9	Colalao del Valle S.A.	Buenos Aires
195	30-71095985-0	COMPANIA BIOENERGETICA LA FLORIDA S.A.	Tucuman
138	30-67854400-7	CREMER Y ASOCIADOS S.A.	Buenos Aires
122	30-55554965-9	Díaser S. A.	San Luis
332	30-55554965-9	DIASER S. A. (planta de Bioetanol)	San Luis
184	30-71059029-6	Diferoil S.A.	Santa Fe
330	30-71227446-4	DOBLE L BIOENERGÍAS S.A.	Santa Fe
275	33-71159449-9	ENERGIA RENOVABLE S.A	La Pampa
259	33-71106301-9	Energias Ecologicas del Tucuman	Tucuman
180	30-70984987-1	ENERGIAS RENOVABLES ARGENTINAS S.A.	Santa Fe
315	30-70853730-2	ESTABLECIMIENTO EL ALBARDÓN S.A.	Santa Fe
163	33-70969987-9	EXPLORA S.A.	Buenos Aires
352	30-71102889-3	FRONTERITA ENERGÍA S.A.	Tucumán
329	30-71023527-5	LATIN BIO S.A.	Buenos Aires
152	30-52671272-9	LDC ARGENTINA S.A.	Buenos Aires
319	30-70940435-7	New Fuel S.A.	Córdoba
307	30-71183238-2	PAMPA BIO S.A.	Buenos Aires
167	30-70996794-7	PATAGONIA BIOENERGIA S.A.	Buenos Aires
317	30-71166333-5	PROMAÍZ S.A.	Buenos Aires
351	30-71295110-5	REFINAR BIO S.A.	Buenos Aires
130	30-70959089-4	Renova S.A.	Buenos Aires
255	33-71125575-9	Río Grande S.A.	Buenos Aires
194	30-71012384-1	ROSARIO BIOENERGY S.A.	Santa Fe
123	30-70995164-1	SOYENERGY S.A.	Buenos Aires
127	33-68920609-9	T 6 Industrial S.A.	Santa Fe
148	30-70990095-8	Unitec Bio S.A.	Buenos Aires
118	30-50095962-9	Vicentin S.A.I.C. (Planta de Biodiesel)	Santa Fe
304	30-50095962-9	Vicentin S.A.I.C. (Planta de Bioetanol)	Santa Fe
189	30-50617627-8	VILUCO S.A.	Tucuman

La cantidad de empresas por provincias según los datos brindados por el Ministerio es:



Podemos observar que la provincia con más empresas elaboradoras es Buenos Aires. (Se aclara que según MiNeM- solo es asiento jurídico los sectores de mayor producción se dan en la provincia de Santa Fe)

Otro dato relevante es que prácticamente la mitad de esas plantas (18 en total) de las 29 se encuentran localizadas en la provincia de Santa Fe y como varias de estas industrias son de gran tamaño, esta jurisdicción tiene una capacidad de producción anual importante: 3,4 millones de toneladas de biodiesel, o el 79% de la capacidad total de producción nacional. El motivo de la gran radicación de plantas de biodiesel en esta provincia tiene que ver con la existencia y funcionamiento del complejo industrial oleaginoso del Gran Rosario, el cual abastece de aceite de soja – materia prima principal- a los módulos de biocombustible. Todo ello tiene sentido en la medida que ambos productos –el aceite de soja y el biodiesel han estado destinados en un alto porcentaje a los clientes del frente externo.



Argentina tiene un rango distintivo si se la compara con un país como Estados Unidos, que es también productor de aceite de soja y biodiesel. En EE.UU. hay un importante número de pequeñas plantas que no llegan a 20.000 t/año de capacidad (son 50 fábricas chicas que representan cerca del 42% del total de plantas). En Argentina sólo existen 8 plantas en ese rango de capacidad, las que representan el 21% del número total de fábricas.

Dentro de las 50 empresas elaboradoras de biocombustible, 37 son empresas de biodiesel.

Rango de tamaño (capacidad de producción en tn/año)	Número de plantas
Menos de 20.000 tn/año	8
Entre 20.001 y 50.000	3
Entre 50.001 y 100.000 tn/año	16
Entre 100.001 y 200.000	3
Entre 200.001 y 700.000 tn/año	7
Total	37

Tabla 10.1-Capacidad Tn/año-Argentina.

Nuestro proyecto se encuentra dentro del rango de – menos de 20000 Tn/año. A continuación se describirán las empresas elaboradoras de biodiesel que a su vez, son productoras de glicerina de gran calidad industrial. A medida que avanza esta industria cada vez más las empresas buscan purificar glicerina para exportar y el uso interno como materia prima de otros procesos, es por ello que cada vez más las empresas productoras de biodiesel incorporan una nuevas plantas para lograr este propósito.



La industria del Biodiesel es muy reciente en nuestro país, solo tiene 11 años de desarrollo. En 2007 no había ninguna productora y hoy el país cuenta con 37 plantas con una capacidad de producción de 4,4 millones de toneladas.

Argentina cuenta con 12 plantas de gran tamaño, con capacidades de producción iguales o superiores a 100.000 t/año cada una de ellas. De esas 12 fábricas, 11 están localizadas en la provincia de Santa Fe y, más precisamente, 10 de ellas en el Gran Rosario donde funciona el complejo oleaginoso.

De las 12 plantas productoras de biodiesel de mayor tamaño, sólo dos no se encuentran en el Gran Rosario. Una de ellas está instalada en la localidad santiagueña de Frías y pertenece a Viluco S.A. La otra está localizada en la ciudad de Avellaneda y es de la firma Vicentín S.A.

Las 7 plantas más grandes de Argentina están en el Gran Rosario, con capacidades de producción por encima de las 240.000 t/año. Las 4 principales plantas son: Louis Dreyfus, en General Lagos, con una capacidad de producción anual de 610.000 t/año; Renova (Timbúes); Patagonia Bioenergía (San Lorenzo); y Terminal 6 (Puerto General San Martín) con una capacidad de 480.000 t/año, respectivamente.

A continuación detallamos las categorías de las empresas segregándola, por:

- GRANDE
- GRANDE NO INTEGRADA
- MEDIANA
- PEQUEÑA



CATEGORIAS DE EMPRESAS			
GRANDE	GRANDE NO INTEGRADA	MEDIANA	PEQUEÑA
Cargill S.A.C.I	Explora S.A. (***)	Advanced Organic Materials S.A.	Agro M y G S.A.
L.D.C. Argentina S.A.	Patagonia Bioenergía S.A. (***)	Aripar Cereales S.A.	BH Biocombustibles S.R.L.
Molinos Río de la Plata S.A.	Unitec Bio S.A. (***)	Biobahia S.A.	Colalao del Valle S.A.
COFCO Argentina S.A.		Biobin S.A.	Doble L Bioenergias S.A.
Renova S.A.		Bio Nogoya S.A.	Energias Renovables Argentinas S.R.L.
T 6 Industrial S.A.		Bio Ramallo S.A.	Hector A. Bolzan y Cia. S.R.L.
Vicentin S.A.I.C.		Cremer y Asociados S.A.	New Fuel S.A.
Viluco S.A. (***)		Diaser S.A.	Soyenergy S.A.
		Diferoil S.A.	
		Energia Renovable S.A. (ENRESA)	
		Establecimiento El Albardon S.A.	
		Latin Bio S.A.	
		Pampa Bio S.A.	
		Rosario Bioenergy S.A.	
		Biocorba S.A.	
		BioBal Energy S.A.	
		Refinar Bio S.A.	

(***) Por decisión de la Unidad Ejecutiva Interdisciplinaria de Monitoreo, estas empresas accederán transitoriamente al precio de Medianas, desde el mes de abril de 2016.



12.2 DEMANDA

El Biodiesel y la glicerina son productos que van en aumento en nuestro país, Argentina cuenta cada vez más con empresas productoras de Biocombustible, lo que implica mayor producción de glicerina, a fin de poder cumplir con la demanda creciente que proponen las nuevas leyes y el hecho de que la producción de vehículos con motor diésel viene creciendo en los últimos años.

En sus informes anuales la Asociación de fábricas de Automotores muestra la producción de como de autos con motor diésel en nuestro país, que después de unos años de fluctuaciones en el último año ha crecido de manera significativa lo que implica que la producción de combustible diésel ha aumentado, con lo que viene aparejado la producción de biodiesel.

Producción con motor Diesel DIESEL										
	Diesel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2010 - 2017
Diesel										
Automóviles		15.527	14.982	16.794	14.064	7.661	10.603	16.796	11.345	107.772
Comerciales		124.999	158.281	176.025	198.896	165.865	175.755	159.755	232.224	1.408.610
Furgones		14.253	15.862	0	0	0	0	0	0	30.115
HASTA 2000 KG		7.795	1.677	0	0	0	0	0	0	9.472
DE 2001 A 4000 KG		6.458	14.185	0	0	0	0	0	0	20.643
Transporte de Carga		4.332	6.281	18.220	23.375	18.225	0	0	0	87.085
DE 2001 A 4000 KG		0	0	12.244	14.640	13.822	0	0	0	57.358
MÁS DE 4000 KG		4.332	6.281	5.976	8.735	4.403	0	0	0	29.727
Transporte de Pasajeros		2.329	2.213	2.812	3.471	2.262	0	0	0	13.245
HASTA 2000 KG		0	0	0	0	0	0	0	0	0
DE 2001 A 4000 KG		2.208	2.176	2778	3441	2184	0	0	0	12.787
MÁS DE 4000 KG		121	37	34	30	78	0	0	0	300
Utilitarios		104.085	133.925	154.993	172.050	145.378	175.755	159.755	232.224	1.278.165
HASTA 2000 KG		22.782	133.925	154.993	172.050	145.378	175.755	159.755	232.224	1.196.862
DE 2001 A 4000 KG		81.303	0	0	0	0	0	0	0	81.303
Total		140.526	173.263	192.819	212.960	173.526	186.358	176.551	243.569	1.516.382

Gráfico 9.2- Producción con motor Diesel -Fuente ADEFA



Podemos visualizar en función al [grafico 9.2](#) que hay una creciente demanda en cuanto al transporte de Carga y de Pasajeros. Para incrementar la demanda de biocombustible, las políticas económicas y sociales de la República Argentina apuntan a aumentar la mezcla de biocombustibles.

Según las fuentes consultadas en Junio del corriente año La Bolsa de Comercio de Rosario presentó un paquete de medidas para atenuar el impacto del aumento de las retenciones a la exportación del combustible. Además de llevar hasta el 20% el agregado de biocombustible, sugiere aumentar el uso en el transporte y la generación de electricidad.

Esto se debe a qué años anteriores, era favorecedor para el mercado de biodiesel, la venta de autos. Pero hoy en día se piensa en un futuro próximo los autos eléctricos, la marca china BAIC -que recientemente comenzó sus operaciones comerciales en el país- ya exhibe en su showroom del barrio porteño de Nuñez. El automóvil está equipado con un motor eléctrico que entrega una potencia de 72 caballos de fuerza, que le permite alcanzar una velocidad máxima de 125 km/h. Además, cuenta con una batería de 38 Kw/h que le da una autonomía de 250 kilómetros.

Un dato importante es que el tiempo de carga de la batería es de 6 horas y se puede realizar en cualquier tomacorrientes hogareño (220V), mientras que en una estación de carga rápida como las que se instalarán bastan 30 minutos para reponer el 80% de la capacidad de la batería (hoy sólo YPF cuenta con dos surtidores de carga en el barrio de Palermo). Esto es un factor importante, ya que es un panorama desfavorecedor el impulso de biocombustible para



automóviles, pero sin embargo la flota pesada (camiones, micros, combis) y flota aérea (aviones) aportan una mirada optimista para el uso de biocombustible. Igualmente al presentarse la Argentina un estado cambiario contemplaremos toda la flota enunciada anteriormente como demanda.

En junio de este año se ha impulsado en la provincia de Santa Fe, la mitad de colectivos de Rosario utilizará biodiesel con un corte de 25% (B25) en el gasoil, con la intención de reducir la contaminación ambiental del transporte y otorgar valor a los productos oleaginosos. En el proyecto, denominado Bio Bus, participa el gobierno de Santa Fe, la Municipalidad de Rosario, la Cámara Argentina de Biocombustibles (Carbio), la Cámara de Empresas Pyme regionales Elaboradoras de Biocombustible (Cepreb) y la consultora ALG Ingeniería.

Si el proyecto Bio Bus prospera, Santa Fe, que produce el 80% del biodiésel que se elabora en el país, le propondrá al Ministerio de Energía llevar el corte obligatorio al 25 por ciento para el transporte urbano de pasajeros, el transporte de cargas y la generación de energía.

Si se hiciera la experiencia B25 a todo el transporte público del país, se podría sustituir un volumen de 153,5 millones de litros de gasoil. "Esto equivale a casi dos meses de consumo anual de gasoil por \$3000 millones", datos otorgados por la secretaria de Energías Renovables de Santa Fe.

Esto es un panorama favorecedor ya que la Argentina es el 5º productor mundial de biodiesel (computando todas las materias primas) y el 3º en base a aceite de soja. Además, es el primer exportador a nivel global.



A continuación mostraremos las estadísticas brindadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina- INDEC, sobre la producción de biodiesel y el consumo interno y la exportación del mismo.

Biodiesel. Producción, despachos al mercado interno y exportaciones			
Período	Producción	Despachos al mercado interno	Exportaciones
	Toneladas		
2008	711,864	265	690,115
2009	1,179,103	426	1,148,488
2010	1,820,385	508,566	1,358,478
2011	2,429,964	748,742	1,681,875
2012	2,456,578	874,794	1,557,399
2013	1,997,809	884,976	1,149,250
2014	2,584,290	970,141	1,602,714
2015*	1,810,657	1,014,361	788,226
2016*	2,659,275	1,036,397	1,626,268
2017*	2,871,707	1,173,419	1,650,312

Fuente INDEC - Datos del año 2015 al 2017 son provisorio.

Como se puede observar en este cuadro que muestra la regresión histórica del biodiesel, tanto la producción como el consumo interno y las exportaciones de la misma crece de manera progresiva en los últimos años.

A continuación se mostrará los valores de producción y consumo de biodiesel

Elaboración en base a Ministerio de Energía y Minería

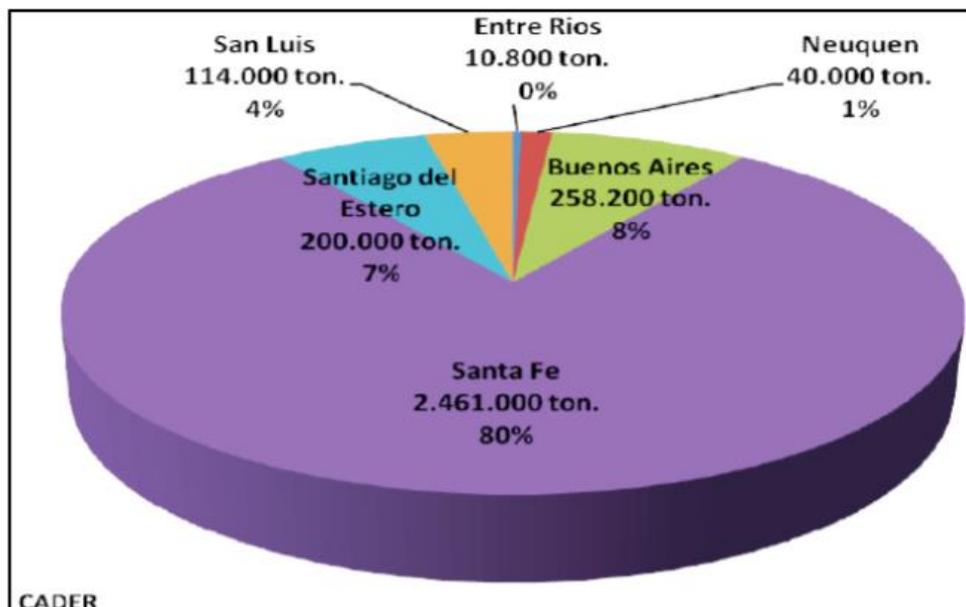


		Grande	Grande no integrada	Mediana	Pequeña	TOTAL
Enero	Biodiesel	141.597	25.172	69.038	8.321	244.128
	Aceite de soja*	145.845	25.927	72.145	8.737	252.654
Febrero	Biodiesel	78.818	4.359	66.293	7.536	157.007
	Aceite de soja*	81.183	4.490	69.276	7.913	162.863
TOTAL	Biodiesel	220.415	29.531	135.331	15.857	401.135
	Aceite de soja*	227.028	30.417	141.421	16.650	415.517

*El consumo de aceite de soja es estimativo

Podemos observar el panorama favorecedor ya que los primeros dos meses del año presenta un 30% en función a los valores arrojados en el año anterior.

En los cuadros que se muestran a continuación, extraídos del informe de Biocombustibles 11/17 de la Dirección de Agroenergía dependiente del Ministerio de Agroindustria, se puede observar la producción de glicerina según las provincias y las exportaciones de la misma, cruda y refinada, en los años 2016 y 2017.



Cantidad de glicerina que se elabora en Argentina, con el porcentaje de producción que le corresponde a cada provincia.



Además en función a los datos que aporta el INDEC, la exportación en argentina de glicerol por destino, en toneladas en el año 2016 fue:

	China	EE.UU	Paises Bajos	Sudáfrica	India	Malasia	Otros	Total año	Monto USD
Total año	96.473	8.000	36.737	6.594	10.637	4.879	10.169	173.490	18.672.791

Fuente: INDEC

Mientras que la glicerina refinada por destino en toneladas en el año 2016 fue:

	China	EE.UU	México	Tailandia	Otros	Total año	Monto USD
Total año	17.905	22.308	17.968	12.563	25.738	96.482	40.887.521

Fuente: INDEC

Si evaluamos con el año posterior, 2017 podremos observar un alza favorable desde el punto de vista monetario.

	China	Paises Bajos	India	Malasia	Otros	Total mes	Monto US\$
Enero	14.509	1.500	6.000	2.000	0	24.009	3.225.042
Febrero	9.064	0	0	0	36	9.100	1.509.111
Marzo	5.665	1.000	0	0	1.998	8.663	1.516.512
Abril	10.891	6.500	0	0	29	17.420	2.742.463
Mayo	8.464	0	0	0	0	8.464	1.789.045
Junio	8.313	8.500	0	116	3.074	20.003	3.165.550
Julio	9.832	6.262	0	117	289	16.500	3.635.352
Agosto	5.814	6.747	106	376	93	13.136	2.969.379
Septiembre	5.593	0	273	469	28	6.363	1.505.513
Octubre	17.423	4.000	0	615	23	22.061	6.383.491
TOTAL	95.569	34.509	6.379	3.692	5.570	145.719	28.441.458

Fuente: INDEC (datos provisorios)

Respecto de la glicerina refinada, también presenta un alza favorable.



	China	EE.UU	México	Tailandia	Otros	Total mes	Monto USD
Enero	3.244	147	1.046	1.460	1.596	7.493	3.430.230
Febrero	1.988	128	1.646	2.049	1.145	6.956	3.096.765
Marzo	1.177	2.088	2.238	2.003	1.495	9.002	3.927.866
Abril	1.087	132	1.604	2.346	2.993	8.163	4.396.454
Mayo	188	3.000	1.490	2.531	3.436	10.645	5.507.050
Junio	940	282	1.472	904	2.008	5.605	3.108.690
Julio	1.692	3.288	1.718	3.105	4.571	14.374	7.244.529
Agosto	188	3.133	1.136	517	3.272	8.246	4.124.851
Septiembre	282	36	2.883	987	4.232	8.420	5.061.607
Octubre	588	3.176	879	1.671	3.692	10.006	5.346.630
TOTAL	11.374	15.410	16.112	17.574	28.441	88.910	45.244.672

Fuente: INDEC (Datos provisionales)

Debido a que la producción de biodiesel crece también lo hace la producción de glicerina, que cada vez se abre nuevo mercado para la exportación.

Tendencia a futuro

-Demanda del mercado interno: Desde el Gobierno se toman medidas para incrementar el porcentaje de biodiesel en el corte de combustible diésel. Se pretende elevar el corte progresivamente hasta un 20%, medida que supera el 15% propuesto por la Argentina hacia el 2030. Hay provincias, como Santa Fe, que apuestan al mercado interno y ya tienen proyectos para utilizar corte B25, cuando la legislación actual obliga a las mezcladoras a usar corte B10, y colectivos que funcionaran con B100. Si esta tendencia se incrementa es posible que el transporte de pasajeros se realice con cortes de biodiesel más altos o incluso que funcionen con B100 la mayoría de ellos, lo cual incrementaría la demanda ya existente como hemos comentado con anterioridad.



-Sustituir importaciones de gasoil: Argentina importa mucho de ese combustible que se destina fundamentalmente a la generación eléctrica, por lo tanto, la mayor utilización de biodiesel podría sustituir al menos en parte esas importaciones favoreciendo lo ambiental, el agregado de valor local y un ahorro de divisas.

-Estabilidad: Las fluctuaciones que se producen se debe fundamentalmente a que dependemos exclusivamente de la cosecha de soja, nuestro proyecto propone mejorar este punto ya que el cultivo de colza se siembra en invierno y se cosecha en primavera evitando así la época de mayor precipitaciones, esto garantizaría que la producción de aceite, y por ende la de biodiesel, no se viera afectada por las condiciones climáticas pudiendo producir combustible todo el año.

12.3 PRECIO

El ministerio de Energía y Minería establece el precio del biodiesel a base del costo del aceite de soja, nosotros no modificamos en la fórmula del mismo aunque nuestro insumo sea distinto, ya que en la actualidad no existen empresas que procesen aceites de otro grano a gran escala.



Según lo establecido por la Resolución 83/2018 el precio del biodiesel queda establecido por la siguiente fórmula.

$$\text{Precio del biodiesel} = (\text{COSTO DE ACEITE DE SOJA} + \text{COSTO DE METANOL} + \text{COSTO DE MANO DE OBRA} + \text{RESTO DE COSTOS}) * (1 + \text{RETORNO DE CAPITAL})$$

$$\text{COSTO DE ACEITE DE SOJA} = (\text{Precio FOB} * (1 - \text{DDEE}) * \text{Tipo de Cambio}) * \text{FA}$$

PRECIO FOB:

en dólares por tonelada métrica (USD/ton) promedio del aceite crudo de soja disponible para los TREINTA (30) días corridos anteriores a la fecha de cálculo, de acuerdo a lo establecido en las circulares de Precio FOB Oficiales del MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA para la posición 1507-10-00, aceite de soja a granel, y para la primera posición publicada, es decir para el embarque más próximo a la fecha de publicación.

DDEE:

alícuota aplicada en concepto de derechos de exportación, vigente sobre el aceite crudo de soja a granel, para la posición citada en el punto anterior, del mes anterior al período del precio calculado, de acuerdo con el Decreto N°133/2015 y sus normas modificatorias.



TIPO DE CAMBIO, EN PESOS POR DÓLAR (\$/USD):

tipo de cambio nominal promedio disponible para los TREINTA (30) días corridos anteriores a la fecha de cálculo, de acuerdo a lo establecido en la Comunicación "A" 3500 del BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.

FA:

factor de ajuste adimensional resultante del producto de:

- 1) un factor que comprende un consumo específico de aceite de soja establecido en UNO CON CUATRO CENTÉSIMAS (1,04) y
- 2) un costo de adquisición determinado en UNO CON NUEVE CENTÉSIMAS (1,09).

COSTO DE METANOL

COSTO DE METANOL = Precio Metanol x CEm

Precio Metanol en pesos por tonelada (\$/ton), precio promedio ponderado de la tonelada de metanol utilizado para el mercado interno, calculado en base a las facturas proporcionadas por las empresas elaboradoras de biodiesel del sector.



C_{Em}:

Factor de ajuste adimensional, establecido en CERO CON CIENTO QUINCE MILÉSIMAS (0,115), que refleja el consumo específico de metanol en el proceso productivo.

COSTO DE MANO DE OBRA

COSTO DE MANO DE OBRA = Costo Unitario MO x HHm

COSTO UNITARIO MO:

valor calculado por el MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, a través de la SUBSECRETARÍA DE REFINACIÓN COMERCIALIZACIÓN, y publicado en su página web, el cual representa la hora hombre remunerativa estimada que rige para las empresas elaboradoras que llevan a cabo el abastecimiento de biodiesel para su mezcla obligatoria con gasoil, actualizable de acuerdo al promedio ponderado de la variación del salario remunerativo establecido en los Acuerdos comprendidos en los respectivos Convenios Colectivos de Trabajo disponibles y/o a la documentación que se requiera a los efectos de verificar dicha variación.

HHm:

Cantidad de horas hombre necesarias para producir UNA (1) tonelada de biodiesel, valorizada en UNA HORA CON VEINTISIETE CENTÉSIMAS por tonelada métrica (1,27 HH/ton).



RESTO DE COSTOS

Corresponde al valor calculado por el MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, a través de la SUBSECRETARÍA DE REFINACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN, y publicado en su página web, en concepto de resto de costos, recupero de inversión y pago de impuestos, actualizado de acuerdo a la última variación acumulada del Nivel General del ÍNDICE DE PRECIOS INTERNOS AL POR MAYOR (IPIM).

El valor base correspondiente al mes de noviembre de 2017 es de PESOS DOS MIL TRECIENTOS OCHENTA Y SIETE por tonelada métrica (\$2.387 / ton).

RETORNO DE CAPITAL

Se establece en un factor adimensional de 0,03 correspondiente a un retorno del TRES POR CIENTO (3%) sobre la sumatoria del COSTO DE ACEITE DE SOJA, COSTO DE METANOL, COSTO DE MANO DE OBRA Y RESTO DE COSTOS.

En el cuadro que se muestra a continuación se puede observar el precio establecido por el Ministerio de Energía y Minería a partir de enero de 2018 para el mercado interno. También vemos cuales son los precios de exportación según el tipo de empresa.



PRECIO DEL BIODIESEL

A continuación detallaremos el precio estipulado en función de los meses del corriente año, esto se da para la **mezcla de biodiesel** en el mercado interno.

Mes	Precio único
Junio 2018	19.498
Mayo 2018	18.223
Abril 2018	17.957
Marzo 2018	17.362
Febrero 2018	16.524
Enero 2018	15.447

Fuente: Ministerio de Energía y Minería

A continuación se muestran los precios de aceite de colza y de soja en Dólares/Tn, comparando ambos el precio del aceite de colza actualmente es superior al de soja aunque no de manera significativa.

Precio del Aceite de Colza

Aceite colza (Dólares/Tonelada)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	825	830	834	836	836	836	836	839	853	855	863	870
Totales	825	830	834	836	836	836	836	839	853	855	863	870
Fuente: Ciara CEC												

Fuente CIARA

Precio del Aceite de Soja

Aceite soja (Dólares/Tonelada)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	784	749	709	699	734	741	745	757	779	762	773	744
Totales	784	749	709	699	734	741	745	757	779	762	773	744
Fuente: Ciara CEC												

Fuente CIARA



12.3.1 SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

La sustentabilidad económica del negocio con colza tiene como base:

- La colza es una oleaginosa de invierno y se puede producir en doble cultivo colza soja, con rindes superiores al de la soja sobre trigo.

Entonces podemos realizar el negocio SIN SEMBRAR MENOS SOJA.

- Una hectárea de colza, con un rendimiento de 17 qq. (1700 kilos) y para una tecnología apropiada a la pequeña escala, puede producir 500 litros de combustible biodiesel.

- Si pensamos que una hectárea agrícola promedio consume 50 litros de combustible, destinando solamente el 10% de la superficie agrícola al doble cultivo colza-soja, además de producir para autoconsumo estaríamos logrando el autoabastecimiento.

- Además de esa misma hectárea se obtienen 1200 kilos de harina proteica para la formulación de alimentos balanceados.

- La ecuación económica del negocio da un resultado menor al costo del diésel mineral (aunque con un margen pequeño).



- La ecuación financiera muestra la ventaja de la integración vertical del productor agropecuario que se produce su propio combustible a partir del grano.

A continuación se muestra un análisis detallado de tales afirmaciones.

La ecuación económica del negocio de producción de biodiesel con destino al corte obligatorio y/o la exportación es diferente a la ecuación económica que rige el nicho de mercado de un productor agropecuario que tiene como objetivo el autoconsumo.

Ecuaciones económicas para cada caso:

Corte obligatorio y/o exportación: ACEITE + PROCESO → BIODIESEL

Productor para autoconsumo: GRANO + PROCESO → EXPELER + BIODIESEL

En la comparación de ambas se observa claramente la diferencia. Y a su vez dentro del productor agropecuario para autoconsumo, el resultado de la ecuación es diferente según el grano del que se parte. Para el caso de este análisis, la diferencia entre soja y colza es notable. Para poder avanzar en ese análisis, hay que desglosar los términos de la ecuación y entender cómo se componen, para despejar el valor del combustible que se pretende comparar.



En la ecuación del productor para autoconsumo y asumiendo el análisis del negocio para una tonelada de grano, el estudio de los términos nos muestra lo siguiente:

GRANO:

una tonelada multiplicado por el precio de esa tonelada. Como valor de la tonelada se debe tomar el costo de oportunidad de venta de ese grano en el mercado = $1 \times \$ / \text{tn de grano}$.

PROCESO:

el costo de procesar una tonelada del grano en estudio = $\$ \text{ proceso} / \text{tn de grano}$.

EXPELER:

la cantidad de expeler resultante de procesar una tonelada de grano multiplicada por el precio de dicho expeler = $\text{tn expeler} / \text{tn grano} \times \$ / \text{tn de expeler}$.

BIODIESEL:

la cantidad de biodiesel resultante de procesar una tonelada de grano multiplicada por el precio del combustible en el mercado = $\text{número de litros} / \text{tn de grano} \times \$ / \text{litro}$.

Si lo que se pretende es conocer el valor del combustible ($\$/\text{litro}$) se debe despejar de la fórmula:

$$\$/\text{litro} = (\text{GRANO} + \text{PROCESO} - \text{EXPELER}) / \text{número de litros}.$$



El cálculo de esta fórmula para soja y para colza muestra resultados diferentes.

Para el caso con soja es = 2,04 \$/litro de biodiesel de soja.

Para el caso con colza la fórmula es = 1,03 \$/l de biodiesel de colza.

Si comparamos con los valores del diésel mineral se observa:

Biodiesel de colza en el nicho de mercado del productor agropecuario para autoconsumo: **1,03 \$/litro**

Diésel mineral en el mercado tradicional de combustible: **1,50 \$/litro**

Biodiesel de soja en el nicho de mercado del productor agropecuario para autoconsumo: **2,04 \$/litro**

Las conclusiones derivadas son las siguientes:

- El biodiesel con soja no es conveniente y no es un negocio viable.
- El biodiesel con colza es un negocio viable y es pertinente para que el productor logre un techo en el costo energético.

En el análisis económico, el valor del grano se toma a su costo de oportunidad de venta del grano en el mercado. Pero lo que le cuesta al productor agropecuario ese grano (análisis financiero) es algo menor.



El costo financiero del grano al productor es igual a lo que le costó sembrarlo más lo que le costó cosecharlo, todo eso dividido por la cantidad de grano obtenido. En ese punto hay una ventaja comparativa para la empresa agropecuaria que si bien no obtiene un margen significativo en el análisis económico, no precisa extraer ese costo sino que lo obtiene en una actividad anterior a un costo menor.

Podremos decir entonces que el costo financiero del combustible es ventajoso respecto al costo del diésel mineral.

Además como ese grano es una nueva oleaginosa de invierno (colza) que se produce en contra estación al cultivo tradicional de verano (soja) no hay una disminución en la facturación de la empresa. Y lo más importante es que una hectárea de colza puede producir 500 litros de combustible. Si se tiene en cuenta que una hectárea agrícola consume entre 40 y 50 litros de combustible, si el productor destina el 10 % de su superficie al cultivo de colza para combustible, logra el autoabastecimiento.



13. CANALES DE COMERCIALIZACIÓN

El análisis de una profunda investigación y estudio de mercado nos facilita encontrar diversas oportunidades de ventas en el país mediante actividades comerciales acertadas que nos permita acaparar de manera oportuna el mercado meta, identificando factores como los niveles de confianza, la existencia real del producto, los canales de distribución, ventajas y desventajas competitivas, precios, publicidades y promociones.

Para tener éxito con nuestro producto hay que "satisfacer los nichos de mercado" adoptando estrategias de marketing afines a los beneficios que brinda lo que vamos a vender, es decir enfocarnos en los intereses de un grupo de personas, en este caso a los productores de aceite de colza.

Es necesario destacarnos como comerciantes de una pyme capaces de comprender y cubrir las expectativas de las empresas u organizaciones que requieran del producto, para llevar a cabo el desarrollo y perfeccionamiento del mismo. En la actualidad el uso y provecho de los cultivos de colza no se le da



mucha importancia en el país, es un negocio que todavía no es muy conocido y explotado, pero cada vez está tomando un crecimiento apresurado en la utilización de dicho recurso para la obtención de un biocombustible más barato y ventajoso.

Ser reconocidos como proveedores de biocombustible, comercializando un producto de alta calidad para la elaboración de un combustible más ecológico que ayude en la protección del medio ambiente, que se lo pueda obtener a menor costo y que sea rendidor; impactando por todas las ventajas que representa su utilización.

En la actualidad se está recibiendo apoyo de fuentes de financiamientos e inversión por parte del gobierno a través de Ministerios y organizaciones para la explotación de los recursos naturales agrícolas del país. Por los beneficios que implica la ejecución de este proyecto despierta gran interés a los productores de semillas vegetales de colza y soja para invertir su capital apostando que un futuro a corto plazo la recuperación del mismo sea todo un éxito.

A continuación detallaremos la cadena productiva en modo de eslabón.



Eslabón Primario

PROVEEDORES

La inclusión de nuevos negocios para el desarrollo de la comercialización de las semillas de colza busca nuevas alternativas que permitan producir combustible ecológico en nuestro país, generando ingresos económicos y evitando el uso de derivados del petróleo.

Nuestro proveedor crítico será el proveedor del aceite de colza, es el mismo agricultor que se especializa en cosechar soja.

Otros proveedores que tenemos son los proveedores de química, es decir, aquellos que nos proveen de Hidróxido de Sodio (NaOH); Metanol (MT); Ácido Clorhídrico (HCl).

INSUMOS

Básicamente a los insumos los podemos dividir en dos tipos: **trabajo** (o mano de obra) y 'capital', este capital es el que se conoce como capital "físico o productivo" (maquinaria, equipo, instalaciones, tecnología en general), que es distinto al capital "financiero" (líquido).

En los próximos capítulos detallaremos el tercer tipo de insumo denominado "tierra" que en sentido general se refería a cualquier tipo de recurso natural empleado en la producción.



Por lo general los insumos se miden en "flujos", en lugar de "niveles" (stocks). Los insumos para su análisis pueden ser considerados también como insumos fijos o insumos variables.

Eslabón Industrial

ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

El almacenamiento de las materias primas estará en nuestra planta para proveernos de stock, ya que la pyme tiene una configuración de producción continua.

En este eslabón se va acondicionar la materia prima, presentándose una distribución interna atendiendo a las necesidades de nuestra planta.

TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La transformación de la materia prima se va dando a medida que va adquiriendo el producto las exigencias del mercado, al atravesar los distintos flujos de procesos.

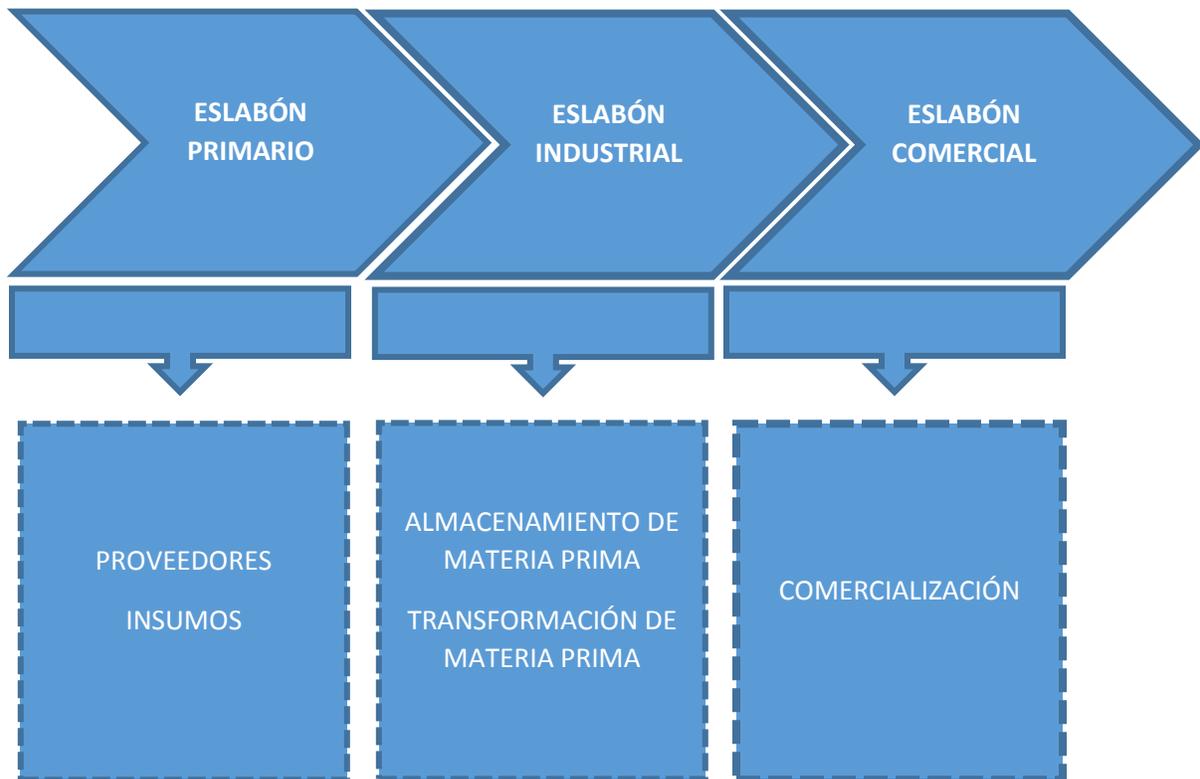


Eslabón Comercial

COMERCIALIZACIÓN

La comercialización está dada por medio de nuestro producto (Biocombustible) y subproducto (glicerina).

Atenderemos a clientes directos e indirectos. Respecto de estos últimos serán mezcladoras de combustible.





14. LOCALIZACIÓN

Las decisiones sobre la localización son un factor importante dentro del proyecto, ya que determinan en gran parte el éxito económico, pues ésta influye no sólo en la determinación de la demanda real del proyecto, sino también en la definición y cuantificación de los costos e ingresos. Además compromete a largo plazo la inversión de una fuerte suma de dinero.

La localización elige entre una serie de alternativas factibles, por lo tanto, la ubicación será la que se adecue más dentro de los factores que determinen un mejor funcionamiento y una mayor rentabilidad del proyecto.

En lo referente a la ubicación de la planta, éste se realiza considerando dos aspectos generales como son la macro localización y la micro localización.

La macro localización permitirá, a través de un análisis preliminar, reducir el número de soluciones posibles, descartando los sectores geográficos que no corresponden a las condiciones requeridas del proyecto.

Si analizamos el suelo argentino, dividiéndolo en:

- Región del Norte Grande Argentino.
- Región del Nuevo Cuyo.
- Región Centro.
- Región Patagónica.



A continuación describiremos la ubicación de los proveedores y clientes:

La distribución geográfica de las plantas aceiteras (**proveedores**), se encuentra muy concentrada en la Provincia de Santa Fe. Esto se debe a la proximidad de los puertos y a la concentración de los centros de acopio de granos destinados tanto al consumo interno como a la exportación de biocombustibles y de glicerinas.

El siguiente mapa muestra la ubicación de las aceiteras y las plantas productoras de biocombustible.

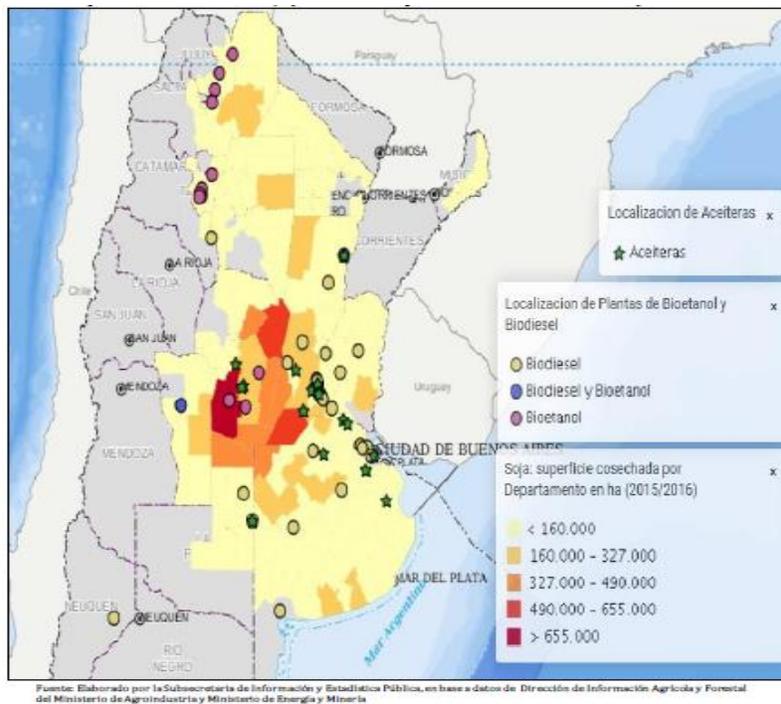


Figura 14- Ubicación de las aceiteras

Es de suma importancia evaluar en donde las condiciones climáticas favorecen el cultivo de colza. Eso se puede observar en el siguiente mapa. Como se muestra es la misma zona en la que se planta soja actualmente.



Mapa de aptitud climática para cultivo de colza.

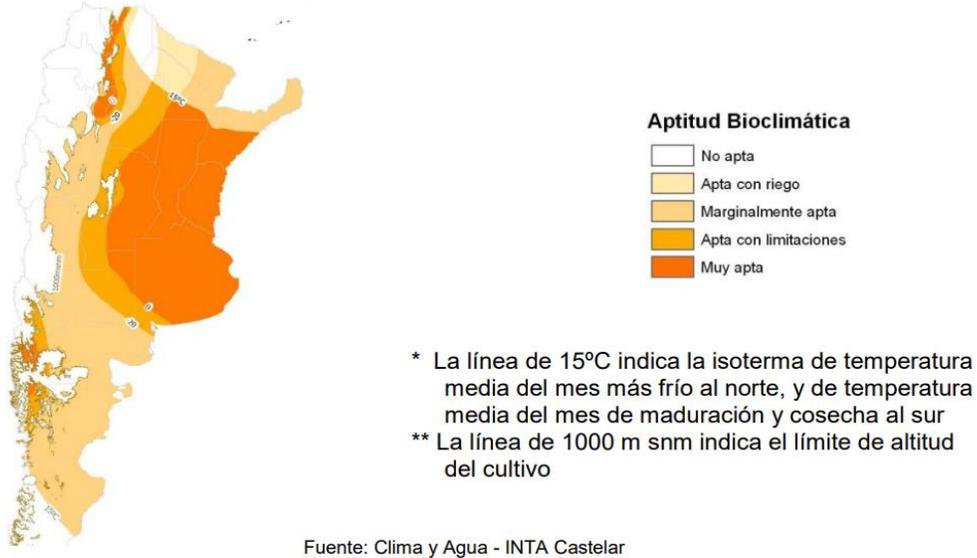


Figura 14 a- Aptitud climática cultivo de colza

Podemos evaluar además la producción de soja, actualmente:

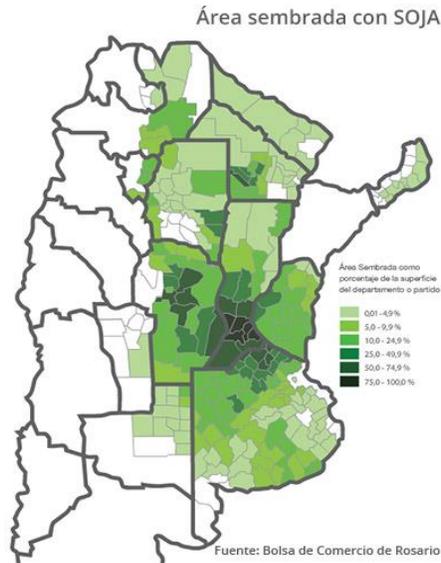


Figura 14 b- Producción de soja



El hecho de que se pueda cultivar en la misma zona de plantación de soja es una ventaja ya que todas las empresas aceiteras se concentran en esta región pudiendo así tener un acceso rápido de nuestra materia prima.

Otra ventaja es el hecho de poder rotar los cultivos soja/colza debido a que se cosechan en distintas estaciones del año permitiendo a los productores de granos la posibilidad de seguir cultivando soja y mejorando la calidad de los suelos.

Los monocultivos, como el de la soja, originan desequilibrios agro-ecológicos; tales como pérdida de capacidad productiva de los suelos, mayor presión de plagas y enfermedades, cambios en la población de malezas y por consiguiente un mayor riesgo por contaminación con plaguicidas. Normalmente se cree que con la siembra directa no habría erosión o degradación de suelos; pero resultados de varias investigaciones demuestran que a pesar del incremento de la cobertura del suelo, la erosión y los cambios negativos que afectan a la estructura de los suelos, pueden ocurrir igualmente si la cobertura del suelo por rastrojo es reducida. En este sentido el rastrojo dejado por la soja es relativamente escaso y normalmente no llega a cubrir correctamente el suelo si no se practica una adecuada rotación de cultivos que contemple cereales y oleaginosas, las cuales permitan generar un mayor aporte de rastrojo que mejore esta situación. Esta insuficiente cobertura de los suelos genera una falta de protección de la superficie del mismo, permitiendo que éste sea susceptible tanto de erosión eólica como hídrica, produciendo la consecuente pérdida de suelo y estructura. La siembra de colza y su posterior soja de segunda, ayudan



a paliar esta situación ya que por un lado aportan una mayor cantidad de rastrojo (respecto a una soja de 1ra) y por otro mantienen el suelo cubierto con vegetación viva durante un período mayor de tiempo, minimizando de esta manera los posibles efectos negativos de la erosión eólica o hídrica. Otro punto beneficioso de la secuencia colza/soja está relacionado con la estabilidad estructural del suelo. De la misma manera que el doble cultivo mantiene el suelo cubierto durante un período mayor, a nivel radicular, esta secuencia genera una mayor cantidad de raíces, que se mantiene activa durante más tiempo, aportando de esta manera estabilidad a los agregados del suelo. A este punto hay que sumarle que en el caso puntual de la colza, sus raíces pivotantes pueden ayudar penetrar capas compactadas del suelo, mejorando de esta manera la infiltración de los mismos.

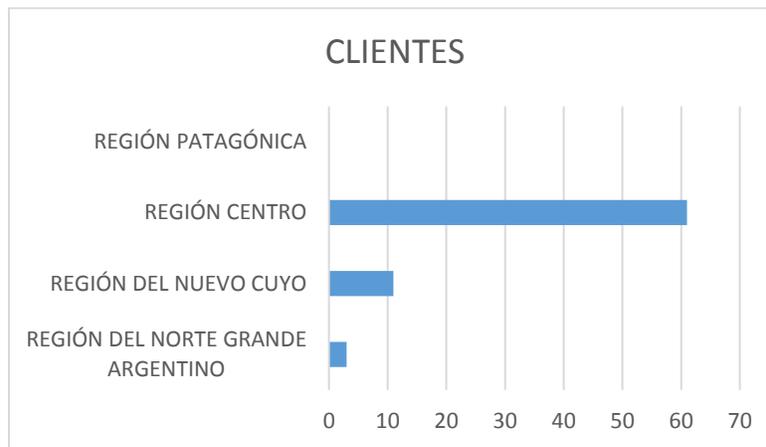
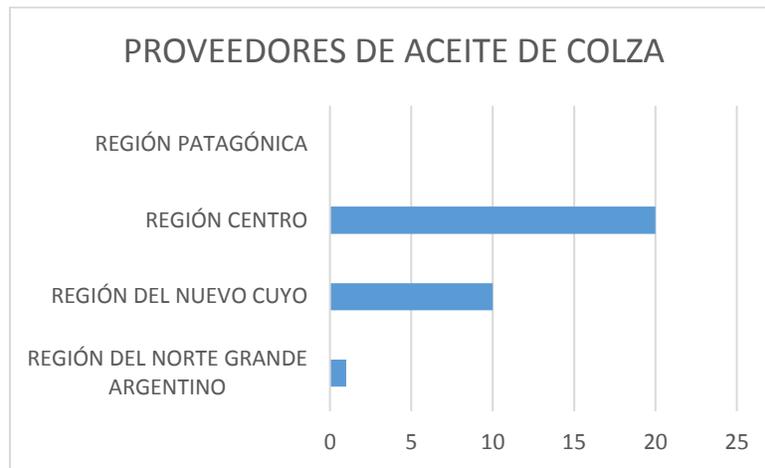
Si evaluamos a los potenciales **clientes**, en función a la página del Ministerio de Energía y Minería tendremos a disposición el listado de las empresas mezcladoras de biocombustibles que están registradas en el territorio argentino. Se puede ver que una gran mayoría de ellas se encuentran en el sur de la provincia de Buenos Aires y en la provincia de Santa Fe.



Empresas Mezcladoras			
Nº Registro	CUIT	Empresa	Dirección
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Ruta Nac. 19 Km 19 - Montecristo - Cordoba
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Ruta Prov. 87 Km 10 - Lujan de Cuyo - Mendoza
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Ruta Nac. 11 Km 332,5 - San Lorenzo - Santa Fe
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Ruta Nac. 7 y ruta 188 - Junín - Buenos Aires
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Ruta 22 Km. 1322 – PLAZA HUINCUL – PCIA. DE NEUQUÉN
1	30-54668997-9	YPF S.A.	AVENIDA MOSCONI 600 – BARRANQUERAS – PCIA. DE CHACO
1	30-54668997-9	YPF S.A.	AV. DEL PETRÓLEO ARGENTINO Y CALLE 129 – BERISSO – PCIA. DE BUENOS AIRES
1	30-54668997-9	YPF S.A.	RUTA 21 Y AV. CRISTIANA - GREGORIO DE LAFERRERE - PCIA. DE BUENOS AIRES
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Baradero 777 - Ensenada - Pcia. de Buenos Aires
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Calle Rizzo y Ereño – Concepción del Uruguay – Provincia de Entre Ríos
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Ruta Nac. Nº 7 Km. 702 – Villa Mercedes – Provincia de San Luis
1	30-54668997-9	YPF S.A.	Av. Genova s/Nº – Dock Sud – Provincia de Buenos Aires
3	30-50672680-4	SHELL C.A.P.S.A.	Dorrego y Diamante - Dique II - Pto. Santa Fe - Santa Fe
3	30-50672680-4	SHELL C.A.P.S.A.	Moisés Lebenshon y Río Paraná - Pto. Vieles - Chaco
3	30-50672680-4	SHELL C.A.P.S.A.	Ruta 21 km 276 - Arroyo Seco - Santa Fe
3	30-50672680-4	SHELL C.A.P.S.A.	Sto. Ponce S/N - Dock Sud - Buenos Aires
7	30-55025533-9	DESTILERÍA ARGENTINA DE PETRÓLEO S.A.	SARGENTO PONCE S/N (1871) DOCK SUD - BUENOS AIRES
21	30-65823369-2	REFINOR S.A.	Ruta Pcial 302- Banda del Río Salí- Tucumán
59	30-70130476-0	Petrolera del Cono Sur. S.A.	Morse 1897 Dock Sud Buenos Aires
65	30-50407707-8	Petrobrás Energía S.A.	Av. Colón 3032 - Bahía Blanca - Buenos Aires
83	30-69617942-1	POLIPETROL S.A.	Parque Industrial Luján de Cuyo – Provincia de Mendoza
88	30-70716578-9	NEW AMERICAN OIL S.A.	BOUCHARD 468 PISO 1 "A" (1106) C.A.B.A.
93	30-59676058-5	Energía Derivados del Petroleo S.A.	Av. Pte Roque Saenz Peña 846 Piso 5º of 503
95	30-70767398-9	Petrolera Argentina S.A.	Plaza Huincul - Provincia de Neuquén
260	30-71129398-8	Oil Combustibles S.A.	Refinería San Lorenzo - San Lorenzo - Santa Fe
310	30-71215690-9	REFI PAMPA S.A.	Ruta 7 Km 262.700 - Junin - Pcia. de Buenos Aires
338	30-70083497-9	TRAFIGURA ARGENTINA S.A.	Rodríguez Peña 660, 2º piso, C.A.B.A.
345	30-69345696-3	PETROIL PETRÓLEO Y DERIVADOS S.A.	Juana Manso 205, 7º piso, C.A.B.A.
365	30-69554247-6	PAN AMERICAN ENERGY LLC, SUCURSAL ARGENTINA	Av. 18 de Julio S/N - Puerto Galvan - Buenos Aires
365	30-69554247-6	PAN AMERICAN ENERGY LLC, SUCURSAL ARGENTINA	Av. Ing. Emilio Mitre 574 - Campana - Buenos Aires.
365	30-69554247-6	PAN AMERICAN ENERGY LLC, SUCURSAL ARGENTINA	General Moscon 3898 - Pto. San Lorenzo - Santa Fe

Con ello podemos evaluar la región de la argentina obteniendo la siguiente tabla:

REGIÓN	PROVEED.ACEITE DE COLZA	CLIENTES
REGIÓN DEL NORTE GRANDE ARGENTINO	1	3
REGIÓN DEL NUEVO CUYO	10	11
REGIÓN CENTRO	20	61
REGIÓN PATAGÓNICA	0	0



Podemos observar quien presenta más puntaje es la **región centro**.

De acuerdo a lo anteriormente enunciado, se está en condiciones de afirmar que la zona que ofrece mayores ventajas para la instalación de la planta de biodiesel es la zona del centro.

Un punto muy importante para evaluar son las vías de acceso y en el caso de exportación si es necesario, es preciso evaluar los puertos cercanos.



A continuación se muestran dos mapas, el primero es un mapa en donde se visualizan todos los puertos de la República Argentina y en el segundo se pueden ver cuáles son las zonas de mayor concentración industrial.

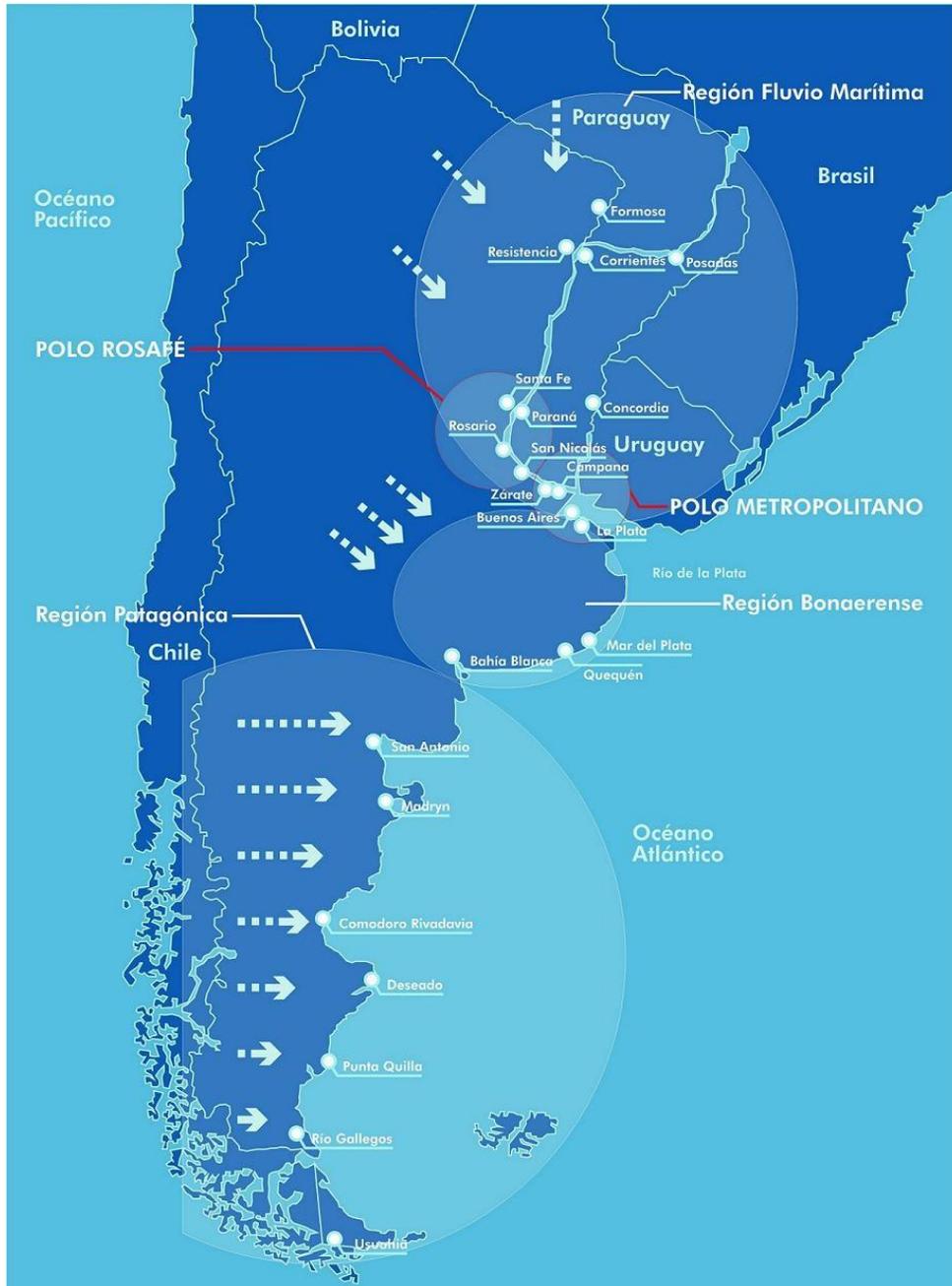


Figura 14c- Puertos de la República Argentina.
Fuente: Cámara de Puertos privados comerciales.



Figura 14d- Concentración Industrial

Fuente: Cámara de Puertos privados comerciales.



Una vez evaluada la macro localización, analizaremos la micro localización.

La micro localización sólo indicará cual es la mejor alternativa de instalación dentro de la zona elegida, después de haber determinado que la planta se ubicará en la zona del centro. Se tiene que establecer específicamente la localidad de emplazamiento; para efectos prácticos dividiremos los distritos en: Avellaneda; Bahía Blanca y San Lorenzo.

Realizamos la siguiente matriz por puntos en función:

- Costo de transporte.
- Proximidad de proveedores.
- Proximidad de consumidores.
- Disponibilidad de insumos.
- Servicios Públicos.
- Proximidad de puertos.

Factor de Ponderación	Ponderación del factor	Alternativas		
		Avellaneda	Bahía Blanca	San Lorenzo
Costo de transporte	10	8	4	7
Proximidad a proveedores	20	8	8	9
Proximidad a consumidores	30	9	7	6
Disponibilidad de insumos	15	8	5	7
Servicios Públicos	15	9	9	9
Proximidad a puertos	10	8	8	8
TOTAL	100	50	41	46



Las puntuaciones hacen que la alternativa ubicada en Dock Sud, Avellaneda al sur de la Provincia de Buenos Aires sea la opción elegida.

Se debe a que las mezcladoras, las aceiteras se encuentran cerca, es de fácil acceso a caminos y puertos. Por tener un polo industrial ya cuenta con los servicios necesarios para el proceso.



Figura 14e- Vista aérea –Localización Dock Sud.



Figura 14f- Vista aérea –Localización de la planta.



15 SERVICIOS

15.1 ABASTECIMIENTO DE LUZ

El abastecimiento de energía eléctrica será otorgado por Edesur.

15.2 ABASTECIMIENTO DE AGUA

El abastecimiento del agua será otorgado por AYSA.

15.3 ABASTECIMIENTO DE GAS

El abastecimiento del gas será otorgado por Camuzzi.



16 RECURSOS HUMANOS

16.1 ORGANIGRAMA

La pequeña y mediana empresa o pyme (conocida también por el acrónimo PyME, lexicalizado como pyme, o por la sigla PME) es una empresa con características distintivas, y tiene dimensiones con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o regiones. Las pymes son agentes con lógicas, culturas, intereses y un espíritu emprendedor específicos.

Las pequeñas y medianas empresas son entidades independientes, con alta predominancia en el mercado de comercio, quedando prácticamente excluidas del mercado industrial por las grandes inversiones necesarias y por las limitaciones que impone la legislación en cuanto al volumen de negocio y de personal, los cuales si son superados convierten, por ley, a una microempresa en una pequeña empresa, o una mediana empresa se convierte automáticamente en una gran empresa. Por todo ello una pyme nunca podrá superar ciertas ventas anuales o una determinada cantidad de personal.

Cada país del Mercosur tiene su propia definición de pyme, sin embargo un grupo de trabajo del bloque desarrolló un criterio general el cual define una categorización para Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela. Esta



categorización depende de un coeficiente de tamaño: (los valores fueron definidos en 1992).

Tipo de empresa	P_{ref}
Microempresa	hasta 10
Pequeña empresa	entre 11 y 50
Mediana empresa	entre 51 y 200

Pref: Personal referencial.

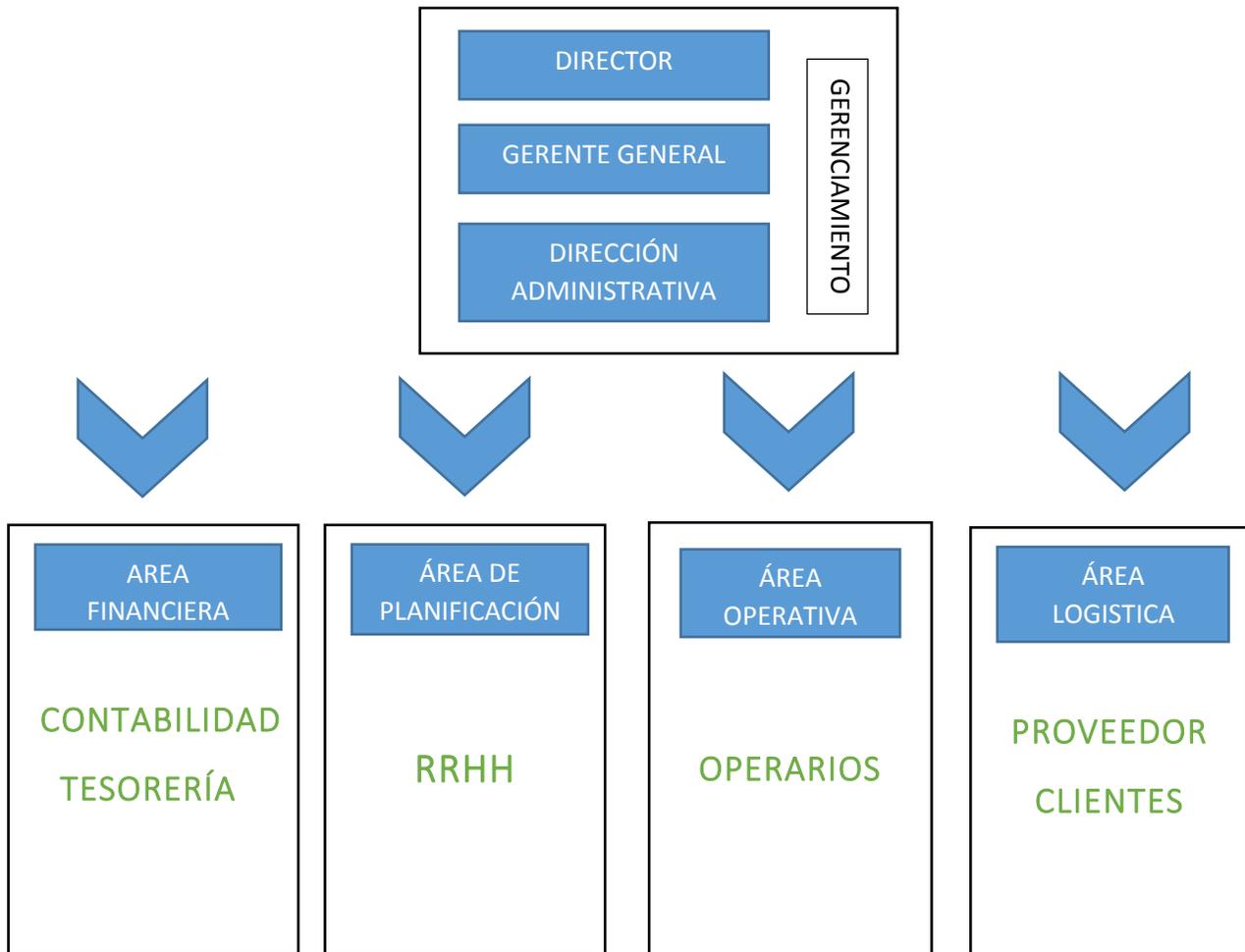
Nuestra empresa está configurada bajo el concepto de una pequeña empresa en función a su personal.

Presenta cuatro áreas, área de gerenciamiento, área financiera, área de planificación, operativa y de logística.

	Cantidad
Gerenciamiento	
Director	1
Gerente General-Administrativo	1
Área Financiera -Planificación.	
Contabilidad-Tesorería-RRHH	1
Área de Operativa	
Operarios/Limpieza	7
Área de Logística	
Servicio a Proveedores-Clientes	1



ORGANIGRAMA:



16.2 HORAS DE TRABAJO

Respecto de las horas laborales; el sector administrativo semanalmente cumplirá con la labor de 40 hs semanales. Mientras que los operarios presentarán turnos rotativos, ya que la empresa opera de manera continúa.

16.3 SALARIO

Se contemplará en el salario el básico mensual; asignación familiar, jubilación, obra social, seguros, SAC (sueldo anual complementario) y vacaciones.



17 HABILITACIONES

17.1 HABILITACIÓN MUNICIPAL

La habilitación se realiza en el Honorable Consejo Deliberante de Avellaneda. Considerando el expediente I-44449-14.

17.2 HABILITACIÓN RES.1296

En la Argentina, la ley de referencia y obligatoria hasta Octubre de 2008 para las plantas de biodiesel era la Ley 13.660, desarrollada para instalaciones de petróleo y gas. Su aplicación resultaba en niveles de seguridad muy buenos especialmente para la separación y protección contra incendios de tanques de productos combustibles e inflamables dentro de la planta.

En Octubre de 2008 se ha publicado una nueva normativa de la Secretaría de Energía específica para las plantas de biodiesel, con diferencias en el nivel de protección contra incendios según la capacidad de producción y almacenamiento de las plantas (Resolución 1296/2008).

Los tanques aéreos que conlleven biocombustible, deberán ser declarados en el Ministerio de Energía y Minería. (M.E.M), bajo la Resolución 1296/08.



En el anexo J, se encuentra el certificado de funcionamiento y condiciones de seguridad de planta.



18 ANÁLISIS ECONÓMICO

18.1 COSTOS

ANÁLISIS DEL STOCK Y MATERIALES

Las materias primas necesarias para la producción de biodiesel junto con sus características fueron expuestas en la sección de ingeniería. Las mismas son: aceite de colza, metanol, ácido clorhídrico y soda caustica. Para poder hacer un análisis detallado de la evolución de materias primas en stock, es necesario asumir que las ventas anuales se van a distribuir uniformemente mes a mes, que el volumen de venta que se le asigne a la planta va a ser estable y que el volumen de producción va a estar fijado en 10.000 toneladas por año. A su vez se deben considerar las políticas de stocks de seguridad para cada materia prima. Para determinar el stock de seguridad de cada materia prima, se consultó con un especialista en la industria, quien aseguró que se trabaja con 21 días de stock para todas las materias primas. Con esta información, se puede calcular la cantidad de materia prima a tener en stock y en consecuencia el valor de la misma para cada año utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Valor del stock (\$)} = \frac{\text{Consumo anual (\$)}}{365 \text{ (días)}} \times \text{días de stock (días)}$$



A continuación, se muestra a modo de ejemplo la tabla de Excel utilizada para calcular el valor del stock del aceite de colza.

ACEITE DE COLZA		Dólar al 18/08/2018				
		28,41				
		tasa de incremento 17%				
DÍAS DE STOCK		21				
*fuente precio colza : agroindustria						
PRECIO	2018	2019	2020	2021	2022	
USD/tn	620*	725,4	870,48	1044,576	1253,4912	
ARS/tn		17614,2	20608,614	24730,3368	29676,40416	35611,68499
COSTO						
AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	
TONELADAS	-	8000	8500	9000	9700	
USD	-	5803200	7399080	9401184	12158864,64	
ARS	-	164868912	210207862,8	267087637,4	345433344,4	
STOCK	-	9485608,636	12094151,01	15366685,99	19874247,21	

Tabla 18.1: Valor del stock para el aceite de colza

Como se puede observar, el valor del stock del aceite incrementa año a año, aunque no aumenten las cantidades. Esto se debe a que la proyección del precio del aceite de **soja en dólares** (calculada en la sección de mercado) aumenta y como así también el tipo de cambio.

Es importante aclarar que, a la hora de calcular la evolución de los stocks, no todos los insumos están afectados en forma directa por el comportamiento de la inflación.

Por un lado, los precios FOB (precio de transacción –compra/venta- costos de mercancía mediante, barco, avión o carretera) de las materias primas que representan el mayor porcentaje de los costos -fueron proyectados en dólares-,



por los que solo se deben afectar por el tipo de cambio (metanol y aceite de colza).

Finalmente, el ácido clorhídrico y la soda cáustica son insumos de producción nacional, por los que se asume que su precio seguirá el comportamiento de la inflación.

Para cada materia prima se hizo una tabla similar a la anterior y se calculó el valor del stock de cada una de ellas. Luego, se sumaron todos estos valores para obtener el subtotal del valor de los stocks. El resultado se muestra a continuación:

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022
ARS	-	\$ 19.143.567,54	\$ 23.797.847,39	\$ 29.481.333,30	\$ 30.660.586,63

Tabla 18.1 a: Subtotal del valor en stock en pesos

En cuanto al cálculo del valor del stock de mercadería en curso o producto semielaborado, no aplica para este proyecto. Como se muestra en la sección de ingeniería, toda la producción se realiza en módulos continuos donde se introduce la materia prima y luego de un proceso automatizado se obtiene el producto terminado. Es por esto que no se considera el valor de la mercadería en curso.



Para el análisis del producto terminado, se debe considerar que la cantidad producida es 10.000 toneladas al año, la cual se supone está distribuida uniformemente a lo largo del año.

El costo se evalúa incluyendo los gastos de producción variables tales como la materia prima y mano de obra directa y los gastos de producción fijos tales como las amortizaciones y la ART entre otros.

Luego, con el costo total de producción anual y los días de stock de producto terminado, en este caso 21 días, se calcula el valor del stock usando la siguiente fórmula.

$$\text{Valor del stock (\$)} = \frac{\text{Costo total anual de producción (\$)}}{365 \text{ (días)}} \times \text{días de stock (días)}$$

SISTEMA DE COSTEO

Se tienen en cuenta las amortizaciones de los bienes de uso y el costo del área fabril a la hora de calcular el costo total del producto.

Como el proyecto contempla la producción del biodiesel y de glicerina. Si bien, la misma es un subproducto cuyo volumen es proporcional a la producción del biocombustible, por lo que se utilizará dicha relación constante para la asignación de sus respectivos costos.



COSTOS DIRECTOS Y GASTOS GENERALES DE FABRICACIÓN

- Materias primas

Se realizó una proyección del precio del aceite de colza en USD y utilizando una proyección de tipo de cambio se pudo obtener el precio del aceite de colza en ARS. Luego se multiplicó por la cantidad de litros necesarios por año y se proyectó desde el año 0-2018 hasta el año 2028. El precio para el año 1 es de 620 US\$/tn o de 176140,2 AR\$/tn y este monto va aumentando a través del tiempo ya que tanto el precio en dólares como la tasa de cambio aumentan.

- Metanol

Se realizó una proyección en USD considerando que existe una correlación con el precio del petróleo. El costo en USD se multiplica por el tipo de cambio de cada año para obtener su valor en ARS. El precio para el año uno es de 342,24 US\$/tn o de 9723,27 AR\$/tn.



- Soda caustica y ácido clorhídrico

Estas dos materias primas se adquieren de proveedores locales. Como se dispone de pocos datos para hacer una proyección y no significan un gasto considerable en comparación al resto de los insumos, se tomó el precio de la industria argentina al 2018 para el año 0 (4855,55 AR\$/tn para el ácido y de 5791,5 AR\$/tn para la soda), y se ajustó año a año mediante el tratamiento de inflación. A modo informativo, se muestran estos costos en USD, para los cuales se realizó el mismo cálculo.

- Mano de obra directa

USD 598,38. Esto se ve afectado año a año por las paritarias, que fueron consideradas iguales a la inflación de cada año.

Además, otro factor a tener en cuenta es la antigüedad, que aumenta el sueldo base a una tasa de 1 por ciento anual.

El sueldo anual se obtiene al multiplicar el valor mensual por 13, ya que se debe tener en cuenta el aguinaldo, cuyo valor equivale a un sueldo. Por último, se agrega un 19 por ciento por los aportes del trabajador por los diferentes conceptos que se indican en la tabla correspondiente. Este monto debe ser multiplicado por 11 personas, ya que se tiene un esquema de 3 brigadas de



trabajo, las cuales trabajan turnos de 8 horas, con un operario de laboratorio en cada una de ellas.

APORTES TRABAJADOR	% del Sueldo Bruto
Jubilación	11,00%
Ley 19.032	3,00%
Sindicato	2,00%
Obra Social	3,00%
Total	19,00%

Tabla 18.1 b: Apertura de aportes de operarios

Adicionalmente se deben tener en cuenta los reemplazos vacacionales. Este monto se obtuvo multiplicando el costo anual de mano de obra por un porcentaje equivalente al tiempo vacacional que le corresponderá a cada operario a lo largo del proyecto. En los primeros 5 años se considera que les corresponden dos semanas de vacaciones anuales, y luego 3 semanas hasta la finalización del proyecto. Esto deriva del supuesto de que a partir de año 6, la antigüedad promedio de la mano de obra se mantendrá constante, debido al nivel de rotación que presenta la industria.

Por otro lado, existen otros importes llamados contribuciones patronales. Dichos conceptos son porcentajes los cuales afectan al sueldo bruto (sueldo básico sumado a la antigüedad). La estructura de los aportes patronales se compone de la siguiente manera:



APORTE TRABAJADOR	% del Sueldo Bruto
Jubilación	10,17
Ley 19032-sac	1,5
Sindicato	2
Fondo de desempleo	0,89
Asignación Familiar	4,4
Obra Social	6
Otros	
Total	24,96

Tabla 18.1 c- aportes patronales

- **ART**

Los gastos relacionados con la Aseguradora de Riesgos de Trabajo (ART) son considerados como gastos generales de fabricación fijos dado que los mismos representan un seguro para los operarios. Dentro de los gastos generales de fabricación solo se tienen en cuenta aquellos referidos a los operarios, dejando de lado el de la secretaria para gastos de administración, así como también los de los apoderados. El costo del ART es calculado con un porcentaje del sueldo básico, el cual es de 8 por ciento.

- **Electricidad**

El gasto de electricidad se compone de una parte que se cobra en función de la potencia instalada (fijo) y otra que se cobra en función de las potencia



consumida (variable). El consumo eléctrico resulta del uso de las bombas, los módulos, equipos y la iluminación de la planta en sí.

Luego, para estimar su precio futuro la tarifa fue ajustada utilizando la inflación.

De esta manera, el gasto en energía se obtuvo a partir del consumo variable dependiendo de si es pico, resto o valle.

Se estimó la cantidad de horas de uso que pertenece a cada uno de los anteriores parámetros, y luego se multiplicó el costo por hora de cada uno por la cantidad de horas. Luego, con esta tarifa básica, se le agregaron los impuestos tales como ley provincial 7290/67- 9038/78 y 11769-art43.

Si bien el consumo eléctrico está atado a la producción, la estructura del proyecto consideró que las máquinas operan las 24hs del día durante los 365 días del año para poder cubrir con la producción proyectada de 10.000 tn anuales.

A su vez, el gasto en electricidad representa tan solo un 0,1 por ciento del costo total de lo vendido, por lo cual las posibles fluctuaciones debidas al cambio de la cantidad producida resultarían poco significativas frente al gasto total. La apertura de dicho cálculo implica una alta complejidad en relación a la información que aporta; **esto aplica al consumo de agua y gas.**

- **Amortizaciones**



Las amortizaciones son un gasto general de fabricación fijo y se introducen dentro del gasto de producción, son tenidas en cuenta las amortizaciones de instalaciones tanto como las de maquinaria. En la sección correspondiente a amortizaciones puede observarse como fueron calculadas.

- **Vestimenta de seguridad**

Todos los años se les debe dar la vestimenta de seguridad a los operarios que trabajan en la planta, con la siguiente estructura de costos. La evolución año a año se realiza mediante la inflación con un valor inicial de AR\$4.852 para el total de la vestimenta de seguridad.

18.2 DETERMINACIÓN DEL CAPITAL TRABAJO

El capital de trabajo se define como la diferencia aritmética entre el activo circulante y el pasivo circulante. Desde el punto de vista práctico está representado por el capital adicional (distinto a la inversión de capital fijo) con que hay que contar para que comience a funcionar la empresa.

$$\textit{Capital de trabajo} = \textit{activo circulante} - \textit{pasivo circulante}$$

Activo circulante

El activo circulante se compone básicamente de tres rubros, los cuales son: caja y bancos, inventarios y cuentas por cobrar.



Activo circulante = inventario + cuentas por cobrar (a 30 días) + caja y bancos

- *Inventarios*: se computa como el costo de la máxima cantidad de materia prima, insumos y producto que pueden almacenarse en la planta (stock); ya calculado en el capítulo anterior.

De manera anual:

Aceite colza	\$ 164.868.912,00	
Stock MP	\$ 23.929.459,42	
ARS	\$ 188.798.371,42	
USD	6.645.490,02	bimensual -> 1.107.581,67

Considerando el bimensual: 1.107.581,67 USD

- *Cuentas por cobrar*: inversión necesaria como consecuencia de vender a crédito, lo cual depende de las condiciones de crédito, es decir, el período promedio de tiempo (p.p.r.) en que la empresa recupera el crédito. La fórmula contable es la siguiente:

$$CxC = \text{cuentas por cobrar} = \frac{\text{ventas anuales}}{365} * p.p.r.$$

	Kg	USD *	TOTAL USD
BIODIESEL	10000000	1,2	12.000.000,00
GLICERINA	1664400	0,8	1.331.520,00
VENTAS			13.331.520,00

* Según Ministerio de Energía

Considerando a p.p.r 55 días.



Entonces,

$$C \times C = \text{USD } 2008859,17$$

- *Caja y bancos*: Implica tener la reserva necesaria para pagar los sueldos y jornales.

	Cantidad
Gerenciamiento	
Director	1
Gerente General-Administrativo	1
Área Financiera -Planificación.	
Contabilidad-Tesorería-RRHH	1
Área de Operativa	
Operarios/Limpieza	7
Área de Logística	
Servicio a Proveedores-Clientes	1

	Cantidad	Básico	Jerarquía	Aportes /Patronales	Total
Gerenciamiento					
Director	1	598,38	0,3	0,2496	927,249648
Gerente General-Administrativo	1	598,38	0,25	0,2496	897,330648
Área Financiera -Planificación.					
Contabilidad-Tesorería-RRHH	1	598,38	0,1	0,2496	807,573648
Área de Operativa					
Operarios/Limpieza	7	598,38	0,05	0,2496	777,654648
Área de Logística					
Servicio a Proveedores-Clientes	1	598,38	0,1	0,2496	807,573648
TOTAL					4217,38224
TOTAL ANUAL USD					50.608,59

Considerando el básico USD 598,38

Concepto de caja y bancos

$$\text{Caja y Banco} = \text{USD } 50608,59$$



Pasivo circulante

El pasivo circulante se define como los créditos a corto plazo en conceptos como impuestos, algunos servicios y proveedores. Un criterio apropiado para el cálculo es tomar como base el valor de la tasa circulante:

$$T_c = \frac{\text{activo circulante}}{\text{pasivo circulante}}$$

Para la evaluación de proyectos es aconsejable utilizar un T_c mayor a 3; ya que debe ser mayor el activo que el pasivo.

Descripción del Capital Trabajo:

CAPITAL TRABAJO	
STOCK	1.107.581,67
CUENTAS POR COBRAR	2008859,17
CAJAS Y BANCOS	50608,58688
ACTIVO CIRCULANTE	3167049,427
PASIVO CIRCULANTE	1055683,142
CAPITAL TRABAJO USD	2.111.366,28

18.3 INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles e intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo. Se entiende por activo tangible (que se puede tocar) o fijo, los bienes propiedad de la empresa.

Se entiende por activo intangible el conjunto de bienes y propiedades de la empresa necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: nombres



comerciales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos pre-operativos y de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios, etc.

Para el cálculo de los costos de equipos se ha empleado un estimador de costos online basado en el libro Plant Design and Economics for Chemical

(<http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html>).

EQUIPOS	COSTOS USD
Tk 01	180030,00
Tk 02	14592,00
Tk 03	8358,00
Tk 04	10569,00
Tk 05	10569,00
Tk 06	180000,00
Tk 07	10489,00
Tk 08	15894,00
RX-101	190000,00
RX-102	175000,00
BOMBAs(1X1)	1284000,00
DECANTADORs	36000,00
INTERCAMBIADORs	390495,00
MIXERs	6000,00
FLASHs	80000,00
COLUMNA RECT	45000,00
CENTRIFUGA	14000,00
TOTAL	2650996,00

Costo total de los equipos USD 2650996,00;

El % Económico, es el porcentaje brindado por especialistas en el área de proyecto de ingeniería.



INVERSIÓN CAPITAL FIJO		
COSTO FIJO	% ECONOMICO	
COSTOS EQUIPOS		2650996
CAÑERIAS -INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	4	2757035,84
INSTALACIÓN DE SERVICIOS	2	2704015,92
TERRENO DOCK SUD	3	2839746,915
OBRA CIVIL	2	2758096,238
COSTO INDIRECTO		
INGENIERIA	3	2730525,88
COSTO TOTAL		16.440.416,79

- *Inversión de capital fijo*: se denomina al capital necesario para adquirir e instalar los equipos destinados al proceso.

18.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN

COSTOS VARIABLES

Para el cálculo de los costos variables de producción se consideran los costos de la materia prima, los costos de electricidad tanto de los equipos como de alumbrado.

EQUIPOS	POT INSTALADA CV-GLOBAL	POT.INSTALADA KW
AGITADORES (RX)	30	22,371
BOMBAS	33	24,6081
ILUMINARIA		1,2
OFICINAS ADMINISTRATIVO-CARGADERO		300
TOTAL KW-h		348,1791
TOTAL KW año		3050048,916
PRECIO (USD /KW) ANUAL		4.392.070,44

Según EDESUR-0,06 USD/KWh



COSTOS FIJOS

Se consideran los sueldos de la mano de obra de operación junto con los impuestos, seguros y gastos administrativos.

COSTOS FIJOS	
MANO DE OBRA (SUELDOS)	50.608,59
COSTOS ADMINISTRATIVOS (15% MANO DE OBRA)	7.591,29
IMPUESTOS (12% TERRENO)	340769,6298
SEGUROS (0,7% INVERSIÓN FIJA)	114.371,07
TOTAL	513.340,58

Los costos totales según el horizonte del proyecto, fijado a dos lustros son:

En función a las consultas realizada a empresas del sector la capacidad al 100% es establece al 5to año, finalizando el primer lustro.



AÑOS	PRIMER LUSTRO					SEGUNDO LUSTRO				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD	80	85	90	97	100	100	100	100	100	100
COSTOS VARIABLES	3.513.656,35	3.733.259,87	3.952.863,40	4.260.308,33	4.392.070,44	4.392.070,44	4.392.070,44	4.392.070,44	4.392.070,44	4.392.070,44
COSTOS FIJOS	410.672,46	436.339,49	462.006,52	497.940,36	513.340,58	513.340,58	513.340,58	513.340,58	513.340,58	513.340,58



18.5 VENTAS

La proyección de ventas según la capacidad instalada en el horizonte del proyecto es:

AÑOS	PRIMER LÚSTRO					SEGUNDO LÚSTRO				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD	80	85	90	97	100	100	100	100	100	100
VENTAS	10.885.216,00	11.331.792,00	11.998.088	12.831.574,40	13.331.520,00	13.331.520,00	13.331.520,00	13.331.520,00	13.331.520,00	13.331.520,00



18.6 PUNTO DE EQUILIBRIO

El análisis del punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios. El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que son exactamente iguales los beneficios por ventas a la suma de los costos fijos y los variables.

$$Pe = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}}$$

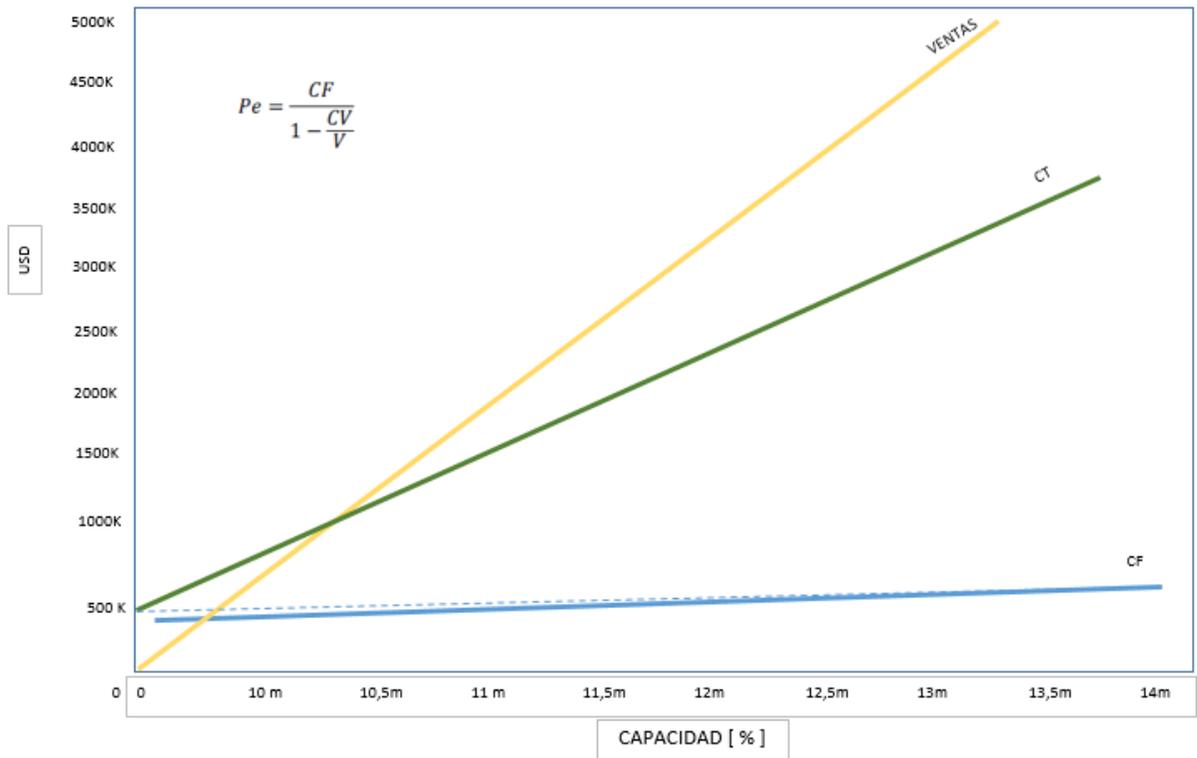
Donde:

CF: costos fijos

CV: costos variables

V: ingresos por ventas

Costos fijos (USD)	511.591,64
Costos variables (USD)	4.392.070,44
Costos totales (USD)	4.903.662,08
Ingresos por ventas (USD)	13.331.520,00
Punto de equilibrio	762.943,42



El punto de equilibrio dado es “el momento” o “el punto” medido en unidades monetarias en que nuestra empresa, no gana ni pierde dinero, es decir se encuentra en “equilibrio” o en el punto cero de beneficios.

El mismo se puede representar de manera algebraica o bien gráfica. También podemos decir que es el volumen mínimo de ventas que tiene que generar la empresa para no tener pérdidas.



18.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica de proyectos tiene por objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión en un proyecto antes de la implementación del mismo.

La evaluación económica es un método de análisis útil para adoptar decisiones racionales ante diferentes alternativas.

Para la determinación de los **indicadores económicos** se procede a determinar los flujos de fondo, considerando dos alternativas*:

- a) Sin Financiado.
- b) Con Financiado.

**Libro de evaluación de proyectos –Jose Manuel Sapag Puelma -McGrawHill*

a)

En forma general, se proyectan los costos e ingresos por ventas en los 10 años del proyecto, dependiendo de la capacidad operativa. En el año 0 se supone que se realiza la inversión de capital inicial.

En primer lugar se calculan los ingresos netos de la empresa, resultado de restar a los ingresos por ventas, los ingresos brutos, los cuales equivalen a un 6% de los ingresos por ventas. Luego, la utilidad bruta se obtiene de restar los costos totales de producción a los ingresos netos. Una vez calculada la utilidad bruta, se considera el impuesto a las ganancias dando como resultado la utilidad neta.



A la utilidad neta se le suma la amortización, la cual equivale al 10% del activo fijo, para dar como resultado el flujo de fondo anual.

Luego se procede al cálculo de los flujos descontados, aplicando la TMAR como se explicará posteriormente.

b)

Con financiamiento del 85%: Los flujos de fondo con financiamiento se calculan en forma similar a sin financiamiento, con la singularidad que se deben restar los pagos de deuda año a año, según se calcula mediante la tabla de pago de deuda.

La tabla de pago de deuda se ha considerado de forma tal que el pago anual sea el mismo, con una tasa de interés del 7,5% anual constante, según el Banco de inversión y comercio exterior especifica en su línea de financiación de inversiones en Energías Renovables.

Considerando que el pasado mes (junio-2018) el BID -Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó préstamos para la Argentina por un total de u\$s 400 millones, que serán destinados a promover las inversiones privadas y públicas en el país, y beneficiar a las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) que inviertan en proyectos de Energía Renovable y Eficiencia Energética.

El primero de créditos, por u\$s 300 millones, impulsará el crecimiento económico mediante la modernización de los marcos institucionales en las áreas impositiva y de formulación de políticas. En este sentido, el financiamiento del organismo



será a 20 años de plazo, con un período de gracia de 5,5 años y una tasa de interés basada en Libor (7,5%).

La anualidad se calcula entonces con la siguiente ecuación:

$$A = P \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Los cálculos del pago de deuda son:

TABLA DE PAGO DE DEUDA	
Financiamiento	85%
Tasa de interés	0,075
Monto del préstamo	15.682.577,24

AÑO	INTERESES	PAGO PRINCIPAL	DEUDA ATRIBUIDA
0			15682577,2
1	117.619,33	1.568.257,72	13996700,2
2	117.619,33	1.568.257,72	12310823,1
3	117.619,33	1.568.257,72	10624946,1
4	117.619,33	1.568.257,72	8939069,0
5	117.619,33	1.568.257,72	7253192,0
6	117.619,33	1.568.257,72	5567314,9
7	117.619,33	1.568.257,72	3881437,9
8	117.619,33	1.568.257,72	2195560,8
9	117.619,33	1.568.257,72	509683,8
10	117.619,33	1.568.257,72	-



- Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, etc).

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia. Es decir, se conoce a esta herramienta financiera como la diferencia entre el dinero que entra a la empresa y la cantidad que se invierte en un mismo producto para ver si realmente es un producto (o proyecto) que puede dar beneficios a la empresa.

Para aceptar el proyecto, las ganancias deben ser mayores a los desembolsos, lo cual dará un resultado que el VAN sea mayor que cero.

Con un VAN igual a cero no se aumenta el patrimonio de la empresa durante el horizonte de planeación estudiado, si la TMAR es igual al promedio de la inflación en ese período. Pero aunque el VAN sea cero, habría un aumento en el patrimonio de la empresa si la TMAR aplicada para calcularlo fuera superior a la tasa inflacionaria promedio de ese período.



$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

P: inversión de capital inicial

FNE: Flujo neto de efectivo anual

i: TMAR

n: número de años del horizonte del proyecto

La Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) es un porcentaje que por lo regular determina la persona que va a invertir en un proyecto. Esta tasa se usa como referencia para determinar si el proyecto le puede generar ganancias o no.

La TMAR se calcula con un promedio ponderado de las aportaciones porcentuales y TMAR exigidas en forma individual.

$$TMAR = 0.5 \times TMAR \text{ banco}^* + 0.5 \times TMAR \text{ empresa}$$

Banco: Banco de Reserva federal de los Estados Unidos.

Empresa: En función a empresas del sector. (Explora SA)

$$\mathbf{TMAR = 14,08\%}$$

TMAR Banco: 0.0175

TMAR Empresa: 0.2641

Este valor se aplica tanto para financiamiento como sin financiamiento.

A continuación, se mostrarán los cuadros de financieros. El primero sin financiamiento y el segundo con financiamiento.





	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
FLUJO DE FONDO PROYECCIÓN										
INGRESO POR VENTAS (+)	10.665.216,00	1133732	11998368	12331574,4	13331520	13331520	13331520	13331520	13331520	13331520
INGRESOS BRUTOS (IX V) (-)	-633.912,96	-679.907,52	-719.902,08	-775.894,46	-799.891,20	-799.891,20	-799.891,20	-799.891,20	-799.891,20	-799.891,20
INGRESOS NETOS	10.025.303,04	10.651.884,48	11.278.465,92	12.155.679,94	12.531.628,80	12.531.628,80	12.531.628,80	12.531.628,80	12.531.628,80	12.531.628,80
COSTOS TOTALES (-)	-3922329,667	-416812,771	-4413235,875	-4756552,221	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063
AMORTIZACIÓN (10% ACTIVO FIJO) (-)	-40.927,33	-43.485,29	-46.043,25	-48.624,39	-51.159,16	-51.159,16	-51.159,16	-51.159,16	-51.159,16	-51.159,16
UTILIDAD BRUTA	6.061.446,04	6.440.286,42	6.819.126,80	7.349.503,33	7.576.807,55	7.576.807,55	7.576.807,55	7.576.807,55	7.576.807,55	7.576.807,55
IMPUESTOS A LAS GANANCIAS (15% UTILIDAD BRUTA)	-909216,9063	-966042,3629	-1022669,02	-1102425,499	-1136521,133	-1136521,133	-1136521,133	-1136521,133	-1136521,133	-1136521,133
UTILIDAD NETA	5.152.229,14	5.474.243,46	5.796.257,78	6.247.077,83	6.440.286,42	6.440.286,42	6.440.286,42	6.440.286,42	6.440.286,42	6.440.286,42
AMORTIZACIÓN (10% ACTIVO FIJO) (+)	40.927,33	43.485,29	46.043,25	48.624,39	51.159,16	51.159,16	51.159,16	51.159,16	51.159,16	51.159,16
CAPITAL FIJO	-16.338.724,59									
CAPITAL TRABAJO	-2.111.366,28									
FLUJO NETO DE EFECTIVO	5.193.156,47	5.517.728,75	5.842.301,03	6.296.702,22	6.491.445,58	6.491.445,58	6.491.445,58	6.491.445,58	6.491.445,58	6.491.445,58
FLUJOS DESCONTADOS (FV) (H) (AÑO)	4532462,387	4315078,358	4040420,174	3850968,408	3510851,188	3104749,901	2745622,481	2428035,445	2147163,803	1886818,362
ACUMULADO FLUJO DE DESCONTADOS	-13.857.628,48	-8.542.549,53	-5.502.123,35	-1.651.160,94	1.853.690,24	4.384.440,15	7.710.062,63	10.138.096,07	12.285.281,87	14.184.100,24
VAN										
TIR										



	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
FLUJO DE FONDO CON FINANCIAMIENTO										
PROYECCIÓN										
INGRESO POR VENTAS (+)	106652,16	113373,2	1199368	12331574,4	13331520	13331520	13331520	13331520	13331520	13331520
INGRESOS BRUTOS (S: X V) (-)	-639912,96	-679907,52	-719902,08	-775694,464	-799891,2	-799891,2	-799891,2	-799891,2	-799891,2	-799891,2
INGRESOS NETOS	10025303,04	10651894,48	11278465,92	12155679,94	12531628,8	12531628,8	12531628,8	12531628,8	12531628,8	12531628,8
COSTOS TOTALES (-)	-3922929,667	-416612,771	-4413295,875	-4795652,221	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063	-4903662,063
AMORTIZACIÓN (10%: ACTIVO FIJO) (-)	-40927,33155	-43485,28977	-46043,24799	-49624,38895	-51159,16444	-51159,16444	-51159,16444	-51159,16444	-51159,16444	-51159,16444
UTILIDAD BRUTA	6061446,042	6440286,419	681926,797	7349503,326	7576807,552	7576807,552	7576807,552	7576807,552	7576807,552	7576807,552
IMPUESTOS A LAS GANANCIAS (15%: UTILIDAD BRUTA)	-909216,3063	-966042,9629	-1022869,02	-1102425,499	-1138521,133	-1138521,133	-1138521,133	-1138521,133	-1138521,133	-1138521,133
UTILIDAD NETA	5152229,135	5474243,456	5796257,777	6247077,827	6440286,419	6440286,419	6440286,419	6440286,419	6440286,419	6440286,419
AMORTIZACIÓN (10%: ACTIVO FIJO) (+)	40927,33155	43485,28977	46043,24799	49624,38895	51159,16444	51159,16444	51159,16444	51159,16444	51159,16444	51159,16444
CAPITAL FIJO	-16338724,59									
CAPITAL TRABAJO	-2.111.366,28									
PAGO DE DEUDA (-)	-18450090,87									
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-18450090,87									
FLUJO DESCONTADO										
VAN										\$ 7.125.606,45
TIR										19%



- Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Es decir, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

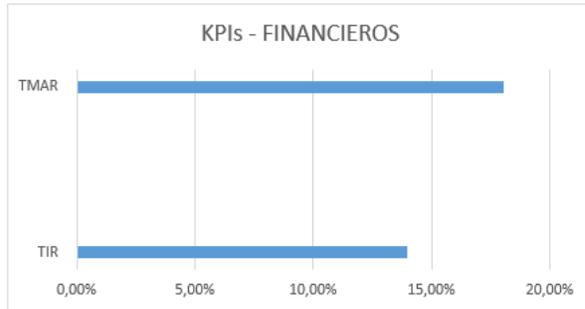
Se llama Tasa Interna de Retorno porque supone que el dinero que se gana año a año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generado en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión. El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR establece que si esta es mayor que la TMAR, se acepta la inversión. Esto significa que si el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable.

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$



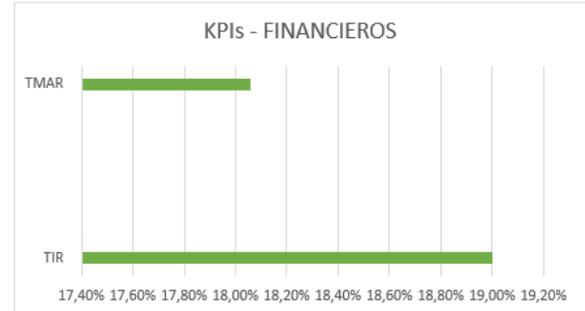
- Evaluación de los índices financieros

Sin financiamiento:



$TMAR > TIR$

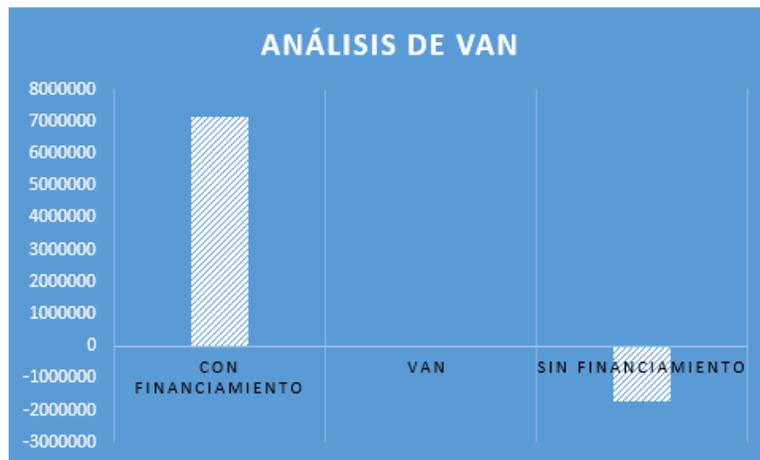
Con financiamiento:



$TMAR < TIR$

Podemos observar que luego de haber realizado los cálculos necesarios la TIR es mayor cuando el proyecto resulta ser financiado.

En cuanto al análisis de la VNA o VAN:



Podemos observar que el proyecto financiado implica una VAN > 0, por lo cual las ganancias son mayores a los desembolsos, siendo aceptable la financiación.



ANEXOS



19. ANEXOS

ANEXO A - BALANCES DE CORRIENTES

CORRIENTE A
ACEITE (TG)
$1,142 \text{Tn/h(BD)} \cdot 875(\text{TG}) / 883,59 (\text{BD})$
1,130897815 Tn/h
2.493,19984 lb/h
1130,897815 kg/h
1,292454645 kmol/h
0,001292455 mol/h

CORRIENTE B
MeOH
$\text{NaOCH}_3 \cdot 0,90$
$0,01142 \cdot 0,9$ 0,010278 Tn/h
22.659084 lb/h
10,278 kg/h
0,1070625 kmol/h
0,000107063 mol/h



CORRIENTE C	
NaOH	
NaOCH ₃ *0,1	
0,01142*0,1	0,001142 Tn/h
	2,517676 lb/h
	1,142 kg/h
PM=40 kg/kgmol	
0,02855 kmol/h	
0,00002855 mol/h	

CORRIENTE D	
NaOCH ₃	
TG * 0,01	
1,142*0,01	0,01142 Tn/h
	25,1767604 lb/h
	11,42 kg/h
CORRIENTE D1	CORRIENTE D2
CORRIENTE D1 = CORRIENTE D + CORRIENTE F	CORRIENTE D2 = CORRIENTE D1 - CORRIENTE H
0,01142 Tn / h NaOCH ₃ + 0,3773 Tn / h NaOCH ₃ = 0,38872	856,97 - 1,13
0,38872 Tn/h	855,84 lb/h
	388,72 kg/h
	388,2029556 kg/h

ECUACIÓN GLOBAL			
TG	3 MT	3 BD	GL
PESO MOLECULARES [kg/kmol]			
875	3 32	3 294,53	93,92
875	96	883,59	93,92



CORRIENTE E	
BD- PRODUCCIÓN	
1,142 Tn/h	10000 Tn/año
1141,55 Kg/h	2516,689498 lb/h
DENSIDAD	
0,88 kg/l	
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL * DENSIDAD = BD[Kg/h]	
1297,22 l/h	(para volumen del rx)
BD[Kg/h] / PM TOTAL BD	
1,303998816	mol/h

CORRIENTE F	
MeOH	RETROALIMENTACIÓN
TG*PM MT/PM TG*6/1 - CORRIENTE B =CORRIENTE F	
0,237873292 Tn/h	CORRIENTE F
	524,420217 lb/h
	237,873292 kg/h
	7,433540372 kmol/h
	0,00743354 mol/h
CORRIENTE F (fracción)	492,9550038 lb/h
	0,223600894 Tn/h

CORRIENTE G	
3349,03	lb/h 1,14154591456 Tn/ h SALIDA DEL RX-01
TG	1,1308978 (1-0,85)
	0,1696347 Tn/h
Glicerol	1,1308978 PM gli/PM TG
	0,1213873 Tn/h
Jabón	AGL*PMjabón/PM AGL
	0,2962907 Tn/h
Ester	TG*0,85*PMester/PM TG*3/1
	0,9804225 Tn/h
MT	CORRIENTE F (fracc)+CORRIENTE B-3/1(PM MT/PMTG*0,85*T
	0,1283 Tn/h
NaOCH3	CORRIENTE D2-AGL*PMNaOCH3/PMAGL
	0,3881501 Tn/h



CORRIENTE H	
AGUA	SALE DEL DECANTADOR POR LA GENERACIÓN DE NaOCH ₃
Limitante NaOH 0,02855KgmolNaOH*1KgmolH ₂ O/NaOH	
	1,13295422 lb/h
	0,5139 kg/h
	0,02855 kmol/h
	0,00002855 mol/h

CORRIENTE I		
3170,24	lb/h	SALIDA DEL DECANTADOR 2 (LIVIANA)
Jabón	Jabón _I = CORRIENTE G (Jabón) x 0,80	
	0,2370326 Tn/h	
MT	MT = CORRIENTE G (MT) x 0,40	
	0,05132 Tn/h	
TG	TG CORRIENTE I = TG CORRIENTE G	
	0,1698347 Tn/h	
Ester	ESTER CORRIENTE I = ESTER CORRIENTE G	
	0,9804225 Tn/h	

CORRIENTE J		
178,79	lb/h	SALIDA DEL DECANTADOR 2 (PESADA)
Jabón	Jabón _I = CORRIENTE G (Jabón) x 0,20	
	0,0592581 Tn/h	
MT	MT = CORRIENTE G (MT) x 0,60	
	0,07698 Tn/h	
NaOCH ₃	NaOCH ₃ CORRIENTE I = NaOCH ₃ CORRIENTE G	
	0,3881501 Tn/h	
Glicerol	GLICEROL CORRIENTE I = GLICEROL CORRIENTE G	
	0,1213873 Tn/h	



CORRIENTE K	
31,52	lb/h ENTRADA AL RX-02
MT	CORRIENTE K=CORRIENTE F- CORRIENTE F (fracción)
	0,0143 Tn/h

CORRIENTE L	
3201,76	lb/h
TG	CORRIENTE A (1-0,99)+1,31
	1,321415525 Tn/h
Glicerol	PM GL / PM TG (TG I- TG L)+1,725
	1,741808997 Tn/h
Jabón	AGL*PMjabón/PM AGL +Jabón I +0,483
	1,016290714 Tn/h
Ester	CORRIENTE I (TG) x 3/1 x PM ester /PM TG x (TG I - TG L)+131,8
	131,8270887 Tn/h
MT	CORRIENTE K + CORRIENTE I (MT) – 3/1 x PM MT /PM TG x (TG I - TG L)+9,84
	10,05192554 Tn/h
NaOCH ₃	AGL*PMNaOCH ₃ /PMAGL
	5,28336E-05 Tn/h

FASE DE BIODIESEL

CORRIENTE M	
3009,65	lb/h INGRESO AL LAVADO
TG	CORRIENTE L (TG) =CORRIENTE M (TG)
	1,32141553 Tn/h
Jabón	CORRIENTE L (JABÓN) x 0,10
	0,10162907 Tn/h
Ester	CORRIENTE L (ESTER) =CORRIENTE M (ESTER)
	131,827089 Tn/h
MT	CORRIENTE L (MT) x 0,40
	4,01277021 Tn/h



CORRIENTE O		
25,34	lb/h	PROVIENE DEL Tk-04
HCl	HCl 10N	
	0,01149 Tn/h	

CORRIENTE P		
63,2	lb/h	PROVIENE DE AGUA Tk-05
H ₂ O	CORRIENTE M (Jabón) x 0,30	
	0,03048872 Tn/h	

CORRIENTE Q		
3098,18	lb/h	SALIDA DE LA UNIDAD DE LAVADO
TG	CORRIENTE Q x 0,0136	
	0,01405312 Tn/h	
Glicerol	CORRIENTE Q x 0,0725	
	0,09837187 Tn/h	
Jabón	CORRIENTE Q x 0,0679	
	0,08431875 Tn/h	
Ester	CORRIENTE Q x 0,9357	
	1,31495089 Tn/h	
MT	CORRIENTE Q x 0,07020	
	0,09837187 Tn/h	
H ₂ O	CORRIENTE Q x 0,013	
	0,01826906 Tn/h	
NaCl	CORRIENTE Q x 0,0069	
	0,00969666 Tn/h	
HCl	CORRIENTE Q x 0,0225	
	0,03161953 Tn/h	
AGL	CORRIENTE Q x 0,00493	
	0,0562125 Tn/h	



CORRIENTE R		
2956,39	lb/h	SALIDA DE LA CENTRIFUGA
Éster	CORRIENTE Q (ESTER)= CORRIENTE R (ESTER)	
	1,31495089 Tn/h	
TG	CORRIENTE Q (TG)= CORRIENTE R (TG)	
	0,01405312 Tn/h	
H2O	CORRIENTE Q (H2O)= CORRIENTE R (H2O)	
	0,01826906 Tn/h	

CORRIENTE V		
141,79	lb/h	SALIDA DE LA CENTRIFUGA
Glicerol	CORRIENTE Q (GL)= CORRIENTE V (GL)	
	0,09837187 Tn/h	
Jabón	CORRIENTE Q (Jabón)= CORRIENTE V (Jabón)	
	0,08431875 Tn/h	
MT	CORRIENTE Q (MT)= CORRIENTE V (MT)	
	0,09837187 Tn/h	
NaCl	CORRIENTE Q (NaCl)= CORRIENTE V (NaCl)	
	0,00969666 Tn/h	
HCl	CORRIENTE Q (HCl)= CORRIENTE V (HCl)	
	0,03161953 Tn/h	
AGL	CORRIENTE Q (AGL)= CORRIENTE V (AGL)	
	0,0562125 Tn/h	

CORRIENTE E		
2869,97	lb/h	SALIDA DEL FLASH
Éster	CORRIENTE R (ESTER)*0,99= CORRIENTE E (ESTER)	
	1,287 Tn/h	
TG	CORRIENTE R (TG)= CORRIENTE E (TG)	
	0,0140 Tn/h	

CORRIENTE T		
86,42	lb/h	SALIDA DEL FLASH
H2O	CORRIENTE Q (H2O)= CORRIENTE T (H2O)	
	0,0391995 Tn/h	



FASE DE GLICERINA

CORRIENTE N	
192,11	lb/h
Glicerol	CORRIENTE L (GL) =CORRIENTE M (GL) 1,741808997 Tn/h
Jabón	CORRIENTE L (JABÓN) x 0,90 0,914661643 Tn/h
MT	CORRIENTE L(MT) x 0,60 6,019155322 Tn/h
NaOCH ₃	CORRIENTE L (NaOCH ₃) =CORRIENTE M (NaOCH ₃) 5,28336E-05 Tn/h

CORRIENTE U	
512,69	lb/h
Glicerol	CORRIENTE (N+V+J) 1,9615682 Tn/h
Jabón	CORRIENTE (N+V+J) 1,1819127 Tn/h
MT	CORRIENTE (N+V+J) 6,1945072 Tn/h
NaOCH ₃	CORRIENTE (N+J) 0,388203 Tn/h
NaCl	CORRIENTE V (NaCl) 0,0096967 Tn/h
HCl	CORRIENTE V (HCl) 0,0316195 Tn/h
AGL	CORRIENTE V (AGL) 0,0562125 Tn/h

CORRIENTE T	
86,42	lb/h SALIDA DEL FLASH
H ₂ O	CORRIENTE Q (H ₂ O)= CORRIENTE T (H ₂ O) 0,0391995 Tn/h



CORRIENTE UT	
599,11	lb/h
Glicerol	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 1,9515682 Tn/h
Jabón	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 1,1819127 Tn/h
MT	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 6,1945072 Tn/h
NaOCH ₃	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 0,388203 Tn/h
NaCl	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 0,0096967 Tn/h
HCl	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 0,0316195 Tn/h
AGL	CORRIENTE U =CORRIENTE UT 0,0562125 Tn/h
H ₂ O	CORRIENTE T =CORRIENTE UT 0,0391995 Tn/h

CORRIENTE W	
185,1203365	lb/h
MT	CORRIENTE F*0,35 0,083969272 Tn/h



CORRIENTE X	
413,99	lb/h
Glicerol	CORRIENTE UT*0,072 0,141232911 Tn/h
Jabón	CORRIENTE UT*0,072 0,085097716 Tn/h
NaOCH ₃	CORRIENTE UT*0,072 0,027950613 Tn/h
NaCl	CORRIENTE UT*0,072 0,000698159 Tn/h
HCl	CORRIENTE UT =CORRIENTE X 0,031619531 Tn/h
AGL	CORRIENTE UT*0,072 0,003934875 Tn/h
H ₂ O	CORRIENTE UT =CORRIENTE X 0,038199499 Tn/h

CORRIENTE Y	
74,736618	lb/h
NaOH	ESTEQUIOMETRIA CON CORRIENTE X (HCl) 0,0339 Tn/h

CORRIENTE XY	
488,73	lb/h
Glicerol	CORRIENTE X 0,195085361 Tn/h
Jabón	CORRIENTE X 0,085097716 Tn/h
NaOCH ₃	CORRIENTE X 0,027950613 Tn/h
NaCl	CORRIENTE X 0,050198159 Tn/h
AGL	CORRIENTE X 0,031619531 Tn/h
H ₂ O	CORRIENTE X 0,018934875 Tn/h



CORRIENTE Z1	
441,83	lb/h
Glicerol	CORRIENTE XY
	0.195085361 Tn/h
H2O	CORRIENTE XY
	0.018934875 Tn/h

CORRIENTE Z	
46,90	lb/h
Jabón	CORRIENTE XY
	0.018 Tn/h
NaOCH3	CORRIENTE XY
	0.028 Tn/h
NaCl	CORRIENTE XY
	0.048 Tn/h
AGL	CORRIENTE XY
	0.031 Tn/h

CORRIENTE Z3	
429,90	lb/h
Glicerol o Glicerina teórica	CORRIENTE Z1
	0.195085361 Tn/h

CORRIENTE Z2	
11,93	lb/h
H2O	CORRIENTE Z1
	0.0059 Tn/h



ANEXO B – TABLA DE VAPOR DEL AGUA

TABLA DE VAPOR DE AGUA SATURADO

Presión	Temperatura de saturación	Volumen específico		Densidad vapor saturado y seco	Entalpía del líquido	Entalpía del vapor saturado y seco	Calor latente de vaporización
		Líquido	Vapor saturado				
Kg/cm ²	°C	Litro/kg	m ³ /kg	kg/m ³	kcal/kg	kcal/kg	kcal/kg
0,010	6,7	1,000	131,6	0,007599	6,73	600,2	593,5
0,020	17,2	1,001	68,25	0,01465	17,25	604,9	587,6
0,030	23,7	1,003	46,52	0,02150	23,81	607,8	584,0
0,035	26,4	1,003	40,22	0,02486	26,39	608,9	582,5
0,040	28,6	1,004	35,46	0,02820	28,67	609,8	581,1
0,050	32,6	1,005	28,72	0,03482	32,57	611,5	578,9
0,075	40,0	1,008	19,69	0,05105	39,96	614,7	574,7
0,10	45,5	1,010	14,95	0,06689	45,45	617,0	571,6
0,15	53,6	1,014	10,20	0,09804	53,59	620,5	566,9
0,20	59,7	1,017	7,789	0,1284	59,65	623,1	563,4
0,25	64,6	1,020	6,318	0,1583	64,54	625,0	560,5
0,30	68,7	1,022	5,324	0,1878	68,66	626,8	558,1
0,40	75,4	1,026	4,066	0,2459	75,41	629,5	554,1
0,60	85,4	1,033	2,782	0,3595	85,47	633,5	548,0
0,80	93,0	1,038	2,125	0,4706	93,05	636,4	543,3
1,00	99,1	1,043	1,725	0,5797	99,19	638,8	539,6

Presión	Temperatura de saturación	Volumen específico		Densidad vapor saturado y seco	Entalpía del líquido	Entalpía del vapor saturado y seco	Calor latente de vaporización
		Líquido	Vapor saturado				
Kg/cm ²	°C	Litro/kg	m ³ /kg	kg/m ³	kcal/kg	kcal/kg	kcal/kg
1,50	110,8	1,052	1,181	0,8467	110,99	643,1	532,1
2,00	119,6	1,060	0,9018	1,109	119,94	646,3	526,4
2,50	126,8	1,067	0,7318	1,367	127,2	648,7	521,5
3,00	132,9	1,073	0,6169	1,621	133,4	650,7	517,3
3,50	138,2	1,078	0,5338	1,873	138,9	652,4	513,5
4,00	142,9	1,083	0,4709	2,124	143,7	653,9	510,2
4,60	147,2	1,087	0,4215	2,373	148,1	655,2	507,1
5,00	151,1	1,092	0,3817	2,620	152,1	656,3	504,2
6,00	158,1	1,100	0,3213	3,111	159,3	658,3	498,9
7,00	164,2	1,107	0,2778	3,600	165,7	659,9	494,2
8,00	169,6	1,114	0,2448	4,085	171,4	661,2	489,8
9,00	174,5	1,120	0,2189	4,568	176,5	662,3	485,8
10,0	179,0	1,126	0,1980	5,051	181,3	663,3	482,1
11,0	183,2	1,132	0,1808	5,531	185,7	664,1	478,4
12,0	187,1	1,137	0,1663	6,013	189,8	664,9	475,1
13,0	190,7	1,143	0,1540	6,494	193,6	665,6	472,0
14,0	194,1	1,148	0,1434	6,974	197,3	666,2	468,9
15,0	197,4	1,153	0,1342	7,452	200,7	666,7	465,9
16,0	200,4	1,157	0,1261	7,930	204,0	667,1	463,1
17,0	203,3	1,162	0,1189	8,410	207,2	667,5	460,3
18,0	206,1	1,166	0,1125	8,889	210,2	667,8	457,6
19,0	208,8	1,171	0,1067	9,372	213,1	668,2	455,1



Presión Kg/cm ²	Temperatura de saturación °C	Volumen específico		Densidad vapor saturado y seco kg/m ³	Entalpia del líquido kcal/kg	Entalpia del vapor saturado y seco kcal/kg	Calor latente de vaporización kcal/kg
		Líquido Litro/kg	Vapor saturado m ³ /kg				
20,0	211,4	1,175	0,1015	9,852	215,9	668,5	452,6
25,0	222,9	1,195	0,08150	12,27	228,6	669,3	440,7
30,0	232,8	1,214	0,06797	14,71	239,6	669,6	430,0
35,0	241,4	1,232	0,05819	17,18	249,5	669,5	420,0
40,0	249,2	1,249	0,05077	19,70	258,4	669,0	410,6
45,0	256,2	1,266	0,04495	22,25	266,6	668,4	401,8
50,0	262,7	1,282	0,04026	24,84	274,3	667,5	393,2
55,0	268,7	1,299	0,03639	27,48	281,5	666,6	385,1
60,0	274,3	1,315	0,03313	30,18	288,3	665,4	377,1
66,0	279,5	1,331	0,03036	32,94	294,8	664,0	369,2
70,0	284,5	1,347	0,02798	35,74	301,0	662,6	361,6
75,0	289,2	1,363	0,02589	38,63	307,0	661,0	364,0
80,0	293,6	1,379	0,02405	41,58	312,8	659,3	346,5
85,0	297,9	1,395	0,02243	44,58	318,4	657,6	319,2
90,0	301,9	1,412	0,02096	47,71	323,8	655,7	331,9
95,0	306,8	1,428	0,01965	50,89	329,1	653,8	324,7
100,0	309,5	1,445	0,01846	54,17	334,2	651,7	317,5
110,0	316,6	1,480	0,01638	61,05	344,2	647,2	303,0
120,0	323,2	1,517	0,01463	68,35	353,9	642,5	288,6
130,0	329,3	1,557	0,01318	76,16	363,4	637,2	273,8
140,0	335,1	1,600	0,01182	84,60	372,7	631,7	269,0
150,0	340,6	1,644	0,01066	93,81	381,9	625,6	243,7

Presión Kg/cm ²	Temperatura de saturación °C	Volumen específico		Densidad vapor saturado y seco kg/m ³	Entalpia del líquido kcal/kg	Entalpia del vapor saturado y seco kcal/kg	Calor latente de vaporización kcal/kg
		Líquido Litro/kg	Vapor saturado m ³ /kg				
160,0	345,7	1,693	0,009625	103,9	391,1	618,9	227,8
170,0	360,7	1,748	0,008681	115,2	400,4	611,5	211,1
180,0	365,3	1,812	0,007803	128,2	410,1	602,8	192,7
190,0	359,8	1,890	0,00697	143,5	420,4	593,0	172,6
200,0	364,1	1,987	0,00618	161,9	431,3	581,4	150,1
212,0	369,0	2,17	0,00517	193,2	447,6	562,2	114,6
224,0	373,6	2,67	0,00373	268	479	520,7	45,7



ANEXO C – HEAT EXCHANGER TUBESHEET LAYOUT TUBE COUNT TABLE

TABLE 10-7
Heat Exchanger Tube Sheet Layout Count Table

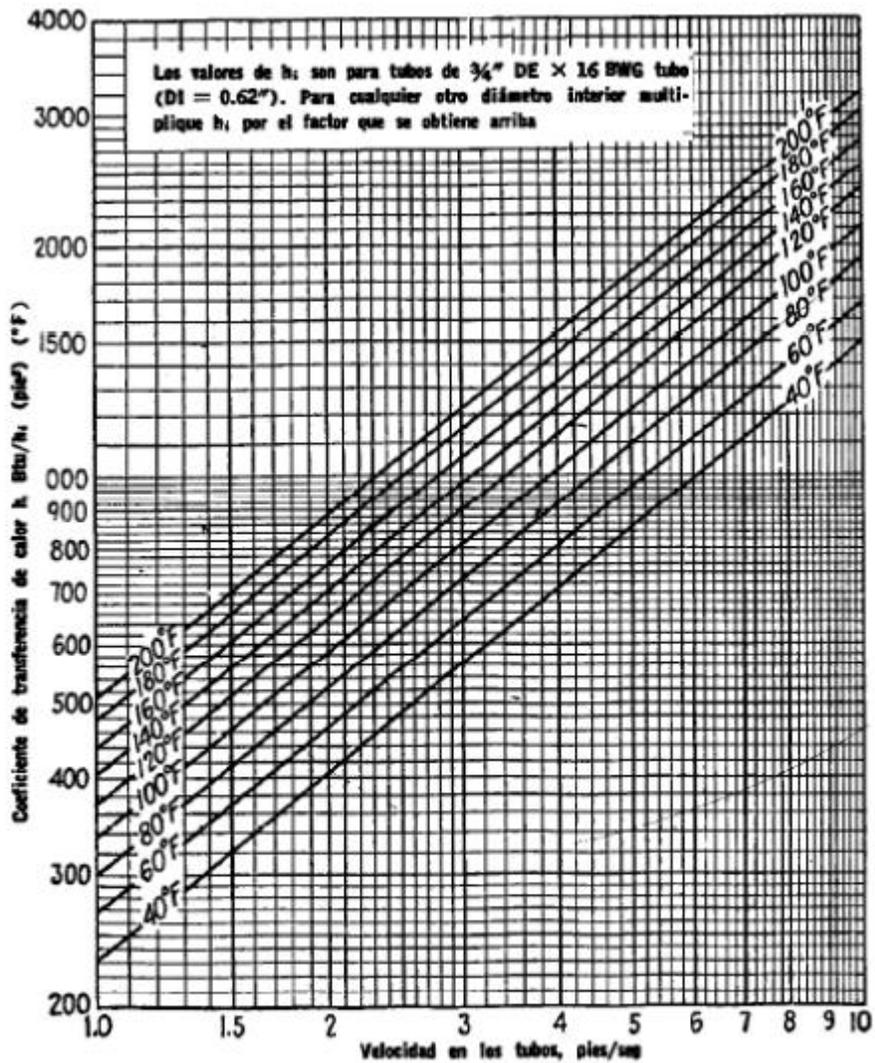
37	35	33	31	29	27	25	23¼	21¼	19¼	17¼	15¼	13¼	12	10	8	I.D. of Shell (In.)				
1269	1143	1019	881	763	663	553	481	391	307	247	193	135	105	69	33	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	One-Pass		
1127	1007	889	765	667	577	493	423	343	277	217	157	117	91	57	33	¾" on 1" Δ				
965	865	765	665	587	495	419	355	287	235	183	139	101	85	53	33	¾" on 1" □				
699	633	551	481	427	361	307	247	205	163	133	103	73	57	33	15	1" on 1¼" Δ				
595	545	477	413	359	303	255	215	179	139	111	83	65	45	33	17	1" on 1¼" □				
1242	1088	964	846	734	626	528	452	370	300	228	166	124	94	58	32	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Two-Pass		
1088	972	858	746	646	556	468	398	326	264	208	154	110	90	56	28	¾" on 1" Δ				
946	840	746	644	560	486	408	346	280	222	172	126	94	78	48	26	¾" on 1" □				
688	608	530	462	410	346	292	244	204	162	126	92	62	52	32	16	1" on 1¼" Δ				
584	522	460	402	348	298	248	218	172	136	106	76	56	40	26	12	1" on 1¼" □				
1126	1008	882	768	648	558	460	398	304	234	180	134	94	64	34	8	¾" on 1½" Δ	U Tubes²	Four-Pass		
1000	882	772	674	566	484	406	336	270	212	158	108	72	60	26	8	¾" on 1" Δ				
884	778	688	586	506	436	362	304	242	188	142	100	72	52	30	12	¾" on 1" □				
610	532	466	396	340	284	234	192	154	120	84	58	42	26	8	XX	1" on 1¼" Δ				
526	464	406	356	304	256	214	180	134	100	76	58	38	22	12	XX	1" on 1¼" □				
1172	1024	904	788	680	576	484	412	332	266	196	154	108	84	48	XX	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Six-Pass		
1024	912	802	692	596	508	424	360	292	232	180	134	96	72	44	XX	¾" on 1" Δ				
880	778	688	590	510	440	366	308	242	192	142	126	88	72	48	XX	¾" on 1" □				
638	560	486	422	368	308	258	212	176	138	104	78	60	44	24	XX	1" on 1¼" Δ				
534	476	414	360	310	260	214	188	142	110	84	74	48	40	24	XX	1" on 1¼" □				
1092	976	852	740	622	534	438	378	286	218	166	122	84	56	28	XX	¾" on 1½" Δ	U Tubes²	Eight-Pass		
968	852	744	648	542	462	386	318	254	198	146	98	64	52	20	XX	¾" on 1" Δ				
852	748	660	560	482	414	342	286	226	174	130	90	64	44	24	XX	¾" on 1" □				
584	508	444	376	322	266	218	178	142	110	74	50	36	20	XX	XX	1" on 1¼" Δ				
500	440	384	336	286	238	198	166	122	90	66	50	32	16	XX	XX	1" on 1¼" □				
1106	964	844	732	632	532	440	372	294	230	174	116	80	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Two-Pass		
964	852	744	640	548	464	388	322	258	202	156	104	66	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ				
818	724	634	536	460	394	324	266	212	158	116	78	54	XX	XX	XX	¾" on 1" □				
586	514	442	382	338	274	226	182	150	112	82	56	34	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ				
484	430	368	318	268	226	184	154	116	88	66	44	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" □				
1058	944	826	716	596	510	416	358	272	206	156	110	74	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	U Tubes²	Four-Pass		
940	826	720	626	518	440	366	300	238	184	134	88	56	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ				
820	718	632	534	458	392	322	268	210	160	118	80	56	XX	XX	XX	¾" on 1" □				
562	488	426	356	304	252	206	168	130	100	68	42	30	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ				
478	420	362	316	268	224	182	152	110	80	60	42	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" □				
1040	902	790	682	576	484	398	332	258	198	140	94	XX	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Six-Pass		
902	798	694	588	496	422	344	286	224	170	124	82	XX	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ				
760	662	576	490	414	352	286	228	174	132	94	XX	XX	XX	XX	XX	¾" on 1" □				
542	466	400	342	298	240	190	154	120	90	66	XX	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ				
438	388	334	280	230	192	150	128	94	74	XX	XX	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" □				
1032	916	796	688	578	490	398	342	254	190	142	102	68	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	U Tubes²	Eight-Pass		
908	796	692	600	498	422	350	286	226	170	122	82	52	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ				
792	692	608	512	438	374	306	254	194	146	106	70	48	XX	XX	XX	¾" on 1" □				
540	464	404	340	290	238	190	154	118	90	58	38	24	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ				
456	396	344	300	254	206	170	142	98	70	50	34	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" □				
37	35	33	31	29	27	25	23¼	21¼	19¼	17¼	15¼	13¼	12	10	8	I.D. of Shell (in.)				

¹ Allowance made for Tie Rods.

² R. O. B. = 2½ × Tube Dia. Actual Number of "U" Tubes is one-half the above figures.



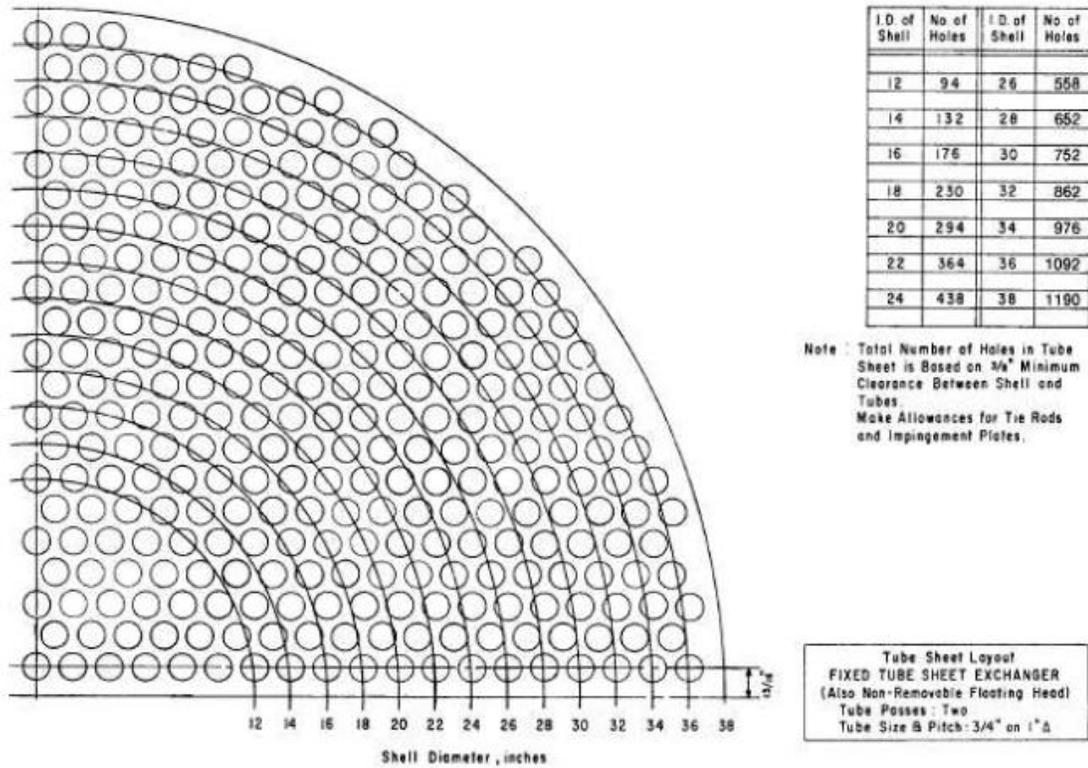
ANEXO D – CURVA VELOCIDAD VS COEF DE TRANSFERENCIA.



Curva de transferencia de calor, agua en los tubos. [Adaptada de Eagle y Ferguson, Proc Roy., Soc. A127, 540 (1930)]



ANEXO E – TUBOS PINCH $\frac{3}{4}$ IN ON 1 IN –TRIANGULO.





ANEXO F – MATERIAS PRIMAS ESPECIFICACIONES.



Laboratorios Ladco S.A.

Calle 45 N° 2487 - (1650) San Martín - Buenos Aires
Tel. : (54 - 11) 4752-1010 (Rotativas) Fax: (54 - 11) 4753-8273

Especificaciones técnicas

Producto **Metanol**

Ensayo	Especificaciones
Características organolépticas	Líquido incoloro, transparente.
Pureza	Mínimo 99,85 % peso
Densidad	0,792-0,793 gr/cc (20 ° C)
Rango de destilación	1 ° C (Incluye 64,7° C)
Agua	Máximo 0,10 % peso
Solubilidad	Soluble en agua , alcohol, solventes aromáticos, alifáticos, cloroformo, eter
Acidez (Ácido Fórmico)	Máximo 20 ppm
Acetona	Máximo 0,003 % en peso
Residuo por evaporación	Máximo 5 mg/100 ml



ANEXO G – SUB-PRODUCTO ESPECIFICACIONES.

BIOCOL SA	FICHA TÉCNICA GLICERINA TÉCNICA	Rev. 00 08/08/2018 Paginas
------------------	--	----------------------------------

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Nombre químico: Glicerina técnica.

Otros nombres: Glicerol, 1, 2,3 - Propanotriol, Trihidroxipropano, Alcohol Glicil.

Formula Química o Componentes: C₃H₈O₃ CAS: 56-81-5

Calidad: Técnica

Descripción: Es un líquido viscoso transparente, higroscópico de sabor dulce.

2. APLICACIONES GENERALES

Resinas alquídicas, explosivos, gomas de éster, productos farmacéuticos, perfumería, plastificante para celulosa regenerada, cosméticos, productos alimenticios, acondicionamiento de tabaco, licores, disolventes, rollos para tinta de imprenta, polioles y poliuretano, agente emulsionante, sellos de goma y tintas de copia, ligantes para cementos y mezclas, revestimientos de papeles y acabados, jabones especiales, lubricante y reblandecedor, bacteriostático.

3. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Sustancias incompatibles: La glicerina es incompatible con oxidantes fuertes como el trióxido de cromo, cloruro de potasio permanganato de potasio y puede explotar en contacto con estos compuestos. El explosivo glicerol nitrato se forma de la mezcla de glicerina y ácido nítrico y ácido sulfúrico.

Información adicional: Absorbe humedad del aire.

Parámetro	Unidad	Especificación
Residuos de ignición	%	0,1 Máx.
Glicerol	%	99,5 Mín.
Cloruros	ppm	10,0 Máx.
Color	Apha	20 Máx.
Esteres y ácidos grasos	ml NaOH	1,0 Máx.
Gravedad específica (25°C)	-	1,26 Mín.



Test de sulfatos	ppm	20 Máx.
Olor	-	Característico
Humedad (Karl fisher)	%	0,5 Máx.
Compuestos clorinados	%	< 0,003
Metales pesados (como Pb)	ppm	< 5
Límite de dietilenglicol	%	0,1 Máx.
Compuestos relacionados	%	0,1 Máx.
Disolución entre dietilenglicol y glicerina	-	7,0 Mín.

4. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y PRECAUCIONES

Condiciones de almacenamiento: Recipientes bien cerrados. Ambiente seco. No almacenar junto con agentes oxidantes fuertes.

Precauciones: En contacto con agentes oxidantes fuertes puede producir explosión. Producto no peligroso según la directiva 67/548/CEE.

Nota: El uso final del producto es responsabilidad directa del cliente, la información consignada en este documento es sólo de carácter ilustrativo y fue tomada de distintas fuentes bibliográficas por nuestro departamento técnico. Estos datos no representan responsabilidad legal alguna y no eximen al comprador de hacer sus propios análisis e investigaciones



ANEXO G – PRODUCTO ESPECIFICACIONES

BIOCOL SA	FICHA TÉCNICA BIODIESEL	Rev. 00 08/08/2018 Paginas
-----------	----------------------------	----------------------------------

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Nombre químico: BIODIESEL.

Otros nombres: Metiléster de Acidos Grasos (FAME)- Metilésteres producidos a partir de lípidos de origen vegetal.

CAS: 68990-52-3

Descripción: Este producto no contiene sustancias peligrosas.

2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Inhalación: Insignificante a no ser que calentado genere vapores, estos pueden irritar las membranas mucosas y causar irritación, vértigo, y náuseas.

Contacto con los ojos: Puede causar irritación.

Contacto con la piel: El contacto prolongado o repetido no debe causar irritación en la piel. Si el material se encuentra sobre calentado puede producir quemaduras.

Ingestión: No se han descrito síntomas por ingestión del producto.

3. PRIMEROS AUXILIOS

Ojos: Aclarar con abundante agua durante al menos 15 ó 20 minutos. Poner en conocimiento del médico.

Piel: Lavar inmediatamente con agua y jabón. Si se observara alguna irritación o quemadura poner en conocimiento del médico.

Inhalación: Conducir al sujeto a una zona al aire libre. En caso de persistir algún tipo de síntoma acudir al médico.



Ingestión Si el sujeto está consciente lavar la boca con abundante agua y darle uno o dos vasos de agua y poner en conocimiento del médico. (Nunca dar agua u otros a un sujeto inconsciente).

4. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Punto de inflamación (método analítico): 130.0 C or 266.0 F min (ASTM 93)

Límites de inflamabilidad: Desconocidos. Medidas de extinción: Espumógeno seco, CO₂, Agua pulverizada. La corriente de agua debe de ir dirigida al líquido inflamado y al avance del fuego.

Procedimientos especiales de extinción: Dirigir la pulverización de agua hacia lugares que puedan ocasionar explosiones o incendiarse para enfriarlos.

Peligro de explosión: El biodiesel en trapos empapados o absorbentes (ej. el aceite seco, guantes de polipropileno, arena, etc.) puede causar la combustión espontánea de ser almacenados cerca de combustibles y no manejados correctamente. Almacene los trapos empapados en biodiesel o absorbentes en contenedores de seguridad para su eliminación.

Los bomberos deberían usar equipo respiratorio autónomo para evitar la exposición de humos y vapores.

5. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Punto de ebullición, 760 mm Hg:	>200°C
Volátiles, % por volumen:	< 2
Gravedad específica (H ₂ O=1):	0.88
Solubilidad en agua H ₂ O, % por volumen:	insoluble
Presión de vapor, mm Hg:	<2
Ratio de evaporación, Butil Acetato=1:	<1
Ratio de evaporación, Butil Acetato=1:	<1
Densidad de vapor, aire=1:	>1

Apariencia y olor: amarillo –marrón, olor fuerte característico.



ANEXO H – FICHA DE SEGURIDAD NaOH





ANEXO I – FICHA DE SEGURIDAD METANOL





ANEXO J – CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO.

<p>CERTIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO Y CONDICIONES DE SEGURIDAD DE PLANTA</p> <p>Certificado N° XXXX/AA</p>		<p>Matrícula N°</p>										
<p>Organismo Auditor de Seguridad:</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">PLANTA (Actividad):</td> <td style="padding: 5px;">N° REGISTRO:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">EMPRESA:</td> <td style="padding: 5px;">CUIT:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">DIRECCIÓN:</td> <td style="padding: 5px;">CATEGORÍA:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">LOCALIDAD:</td> <td style="padding: 5px;">PROVINCIA:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">FECHA DE AUDITORÍA:</td> <td style="padding: 5px;">FECHA DE VENCIMIENTO:</td> </tr> </table>		PLANTA (Actividad):	N° REGISTRO:	EMPRESA:	CUIT:	DIRECCIÓN:	CATEGORÍA:	LOCALIDAD:	PROVINCIA:	FECHA DE AUDITORÍA:	FECHA DE VENCIMIENTO:
PLANTA (Actividad):	N° REGISTRO:											
EMPRESA:	CUIT:											
DIRECCIÓN:	CATEGORÍA:											
LOCALIDAD:	PROVINCIA:											
FECHA DE AUDITORÍA:	FECHA DE VENCIMIENTO:											
<p>La Universidad/Empresa Auditora de Seguridad..... en cumplimiento de lo establecido por la Resolución S.E. N° 404/94, Resolución S.E. N° 1102/04, Resolución S.E. N° 266/08, la Ley 13.660 y su Decreto Reglamentario N° 10.877/60, Resolución S.E. N° 1296/08, CERTIFICA que la instalación auditada se encuentra en condiciones de seguridad y NO ofrece riesgos para operar.</p>												
<p>..... Firma y Sello Auditor Técnico Actuante</p>	<p>..... Firma y Sello Representante Técnico Auditora</p>											



ANEXO H- LISTADO DE PATENTES

PUBLICACIÓN	SOLICITANTE	PAIS DE ORIGEN	CONTENIDO TÉCNICO
US2011239529	TEXACO INC	US	BIODIESEL DE BAJO PUNTO DE TURBIDEZ
US201192076	EVONIK ROHMAX ADDITIVS GMBH	BR	COMPOSICIÓN DE BIODIESEL CON FILTRABILIDAD MEJORADA
WO2011087977	EXXONMOBIL RES & ENG GO	DE	MEZCLAS DE BIOCOMBUSTIBLE
US2011030269	CHASAN DAVID ELIEZER ;FASANO PAUL	US	COMPOSICIÓN DE LUBRICANTE
WO2011073779	ENI NOTARI, MARCELLO	IT	BIODIESEL CON CARBONATO DE DIETILO
WO2011011588	JOSHI CHANDRASHEHAR	US	COMPOSICIÓN DE BIODIESEL Y METODO PARA PRODUCIRLO
US2011099889	SUED CHEMIE AG	EP	BIODIESEL Y METODO DE REFINACIÓN
WO2009108747	TANG HAIYING	US	BIODIESEL CON ANTIOXIDANTES PARA MEJORAR SU CALIDAD
CN101812377	UNIV NANJING	CN	METODO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL
WO201116568	UNIV EAST CHINA	CN	PROCESO PARA PREPARAR BIODIESEL NO CONTIENEN GLICEROL SUBPRODUCTO
WO2011107977	BASHEER SOBHI	US	PROCESO DE LA SINTESIS ENZIMATICA DE ESTERES ALQUILICOS DE ACIDOS GRASOS
CN101781587	JUANWANG ZHANG	CN	METODO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL CON GRASA ANIMAL Y BATATA
WO2011070445	BLASCO GARCIA	AR	METODO CONTINUO PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE BIODIESEL
CN101717696	RUILIN ZHU	CN	METODO TECNOLÓGICO Y EQUIPOS PARA LA PREPARACIÓN DE BIODIESEL MEDIANTE EL USO DEL ACEITE DE PALMA
US2011061289	UNIV TEXAS TECH SYSTEM	US	METODOS Y SISTEMAS COMBUSTIBLES BIODIESEL
WO2011033345	COUNCIL SCIENT IND RES	IN	PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE MATERIAS PRIMAS CON ALTO NIVEL DE ACIDOS GRASOS
US2011054200	CATALIN INC	US	PROCESO Y SISTEMA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL
WO2011023712	GIOMI DONATELLA	IT	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL POR TRANSESTERIFICACIÓN DE TRIGLICERIDOS



WO2011018228	INGENDOH AXEL	DE	METODO PARA FABRICAR BIODIESEL POR TRANSTERIFICACIÓN UTILIZANDO ACIRDO SULFONICO COMO CATALIZADOR
WO2011019465	CATALYTIC DISTILLATION TECH	US	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL
CN101619329	UNIV EAST CHINA SCIENCE & TECH	CN	METODO PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL
WO2011019465	CATALYTIC DISTILLATION TECH	US	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL
CN101619329	UNIV EAST CHINA SCIENCE & TECH	CN	METODO PARA LA ELABORACIÓN DE BIODIESEL POR BIOCATALISIS CON LIPASAS
WO2011012440	BOUVART FRANCOIS	EP	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL Y BIONAFTAS
JP2011026394	DOSHISHA	JP	PROCESO Y EQUIPO PARA PRODUCIR BIODIESEL
JP2011026395	DOSHISHA	JP	PROCESO Y EQUIPO PARA PRODUCIR BIODIESEL SIN CATALIZADOR
US2011016776	JOSHI RH	CN	MÉTODO PARA PRODUCIR BIODIESEL POR MEDIO DE UN CATALIZADOR DE CIRCONIO
CN10159574	ROJAS RIGOBERTO	MX	PROCESO CONTINUO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE VEGETALES MEDIANTE CAVITACIÓN IMPULSO MAGNETICO
CN101550364	UNIV GUIZHOU	CN	METODO DE OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE SEMILLAS OLEAGINOSAS CON ALTO INDICE DE ACIDEZ
WO2010122265	ARKEMA FRANCE	FR	BIODIESEL CONSISTE EN UNA MEZCLA DE ESTERES DE ACIDOS GRASOS Y METODOS PARA PRODUCIR DICHO BIOCOMBUSTIBLE
WO2010112641	UNIV MALAGA	ES	METODO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE POR CATALISIS HETEROGENEA
WO2010107446	BAUER MARK	US	TRATAMIENTO PARA RETIRAR IMPUREZAS DE BIODIESEL
CN1014457425	BUTZ JEREMY	NZ	METODOS PARA REDUCIR EL VALOR DEL ACIDO DE BIODIESEL
WO2008120223	RELIANCE LIFE SCIENCES	IN	METODO PARA OBTENER ACEITE DE SEMILLAS ADECUADO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.
WO2008096187	KIRAL ZOLTAN	HU	MEZCLA DE ESTRUCTURA DE TRIGLICERIDOS MODIFICADOS



Referencias:

US: EEUU	ES:ESPAÑA	JP: JAPÓN	CN: CHINA	HU: HUNGRÍA	BR: BRASIL
IT : ITALIA	FR : FRANCIA	MX: MEXICO	IN: INGLETERRA	DE:ALEMANIA	NZ: N.ZELANDA



BIBLIOGRAFIA



20. BIBLIOGRAFIA

1 -<http://www.energiasrenovablesinfo.com/biomasa/tipos-biocombustibles/>

2- D. Y.C Leung , X. W. U.and M.K.H. Leung . "A Revyewon Biodiesel production using catalyzed transesterification", *Appl.Energizy.Vol.87, Num.4,pp.1083-1995.A Pr2010.*)

(MRobles-Medina , P.A.Gonzalez –Moreno .L.Esteban –Cerdan, and E.Molina-Grima . "Biocatalizys Tower ever greener Biodiesel Production.,"*Biothechnold. Adv., vol27, no.4,pp.398-408, 2009*)

3- L.A.S do Nascimento, R.S. Angelica , C. E. F. Da Costa , J.R.Zamian , and G.N.da Rocha Filho, " Conversion of waste produced by the deodorization of palm oil as feedstock for the production of biodiesel using a catalyst prepared from waste material, "*Bioresout.Tchnol., vol 102 , no 17 pp8314-7 , Sep.2011*"

4- M.Zabeti "Activity of solid catalysts for diésel production : A review, " *Fuel Process .Technol.,vol 90 , no 6, pp.770-777, Jun 2009.*

5- M.G.Jang "Biodiesel production from crude canola oil by two-step enzy matic processes", *Renew.Energy , pp.1-6 , Sep 2011.*

6- M. K. Lam and K. T. Lee, "Mixed methanol–ethanol technology to produce greener biodiesel from waste cooking oil: A breakthrough for SO₄2–/SnO₂–SiO₂ catalyst," *Fuel Process. Technol., vol. 92, no. 8, pp. 1639–1645, Aug. 2011.*

7- M. Lapuerta, J. M. Herreros, L. L. Lyons, R. García-Contreras, and Y. Briceño, "Effect of the alcohol type used in the production of waste cooking oil biodiesel



on diesel performance and emissions,” Fuel, vol. 87, no. 15–16, pp. 3161–3169, Nov. 2008.

8-(A Second Order Kinetics of Palm oil transesterification. Levijit. University Prince of Shogkhla, Thailand .Joint International conference on SEE.2004)

9-(Kinetic Of Palm oil transesterification in a Batch reactor. Darnoko and Cheryan University of Illinois. Jaocs. Vol 77. Num.12,2000)

10

<https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20080>

827&DB=EPODOC&locale=en_EP&CC=CN&NR=101249431A&KC=A&ND=1

11- A second order kinetics of palm oil transesterification. Leevijit. University Prince of shogkhla , Thailand. Joint International conference on SEE.2004

12- Nouredini y Zhu [1997]

13- Biofuels comisión Europea (1994) y Biodiesel Spain

14- PASHOVA V. ACEVEDO A LOPEZ C.(2004) El biodiesel a partir de aceites vegetales: Una fuente de nuevas bioindustrias. El TECNOLÓGICAS N°13 ,DICIEMBRE 2004. P.9-25

15-Mario

Secoff-Aceites

vegetales-

<http://www.angelfire.com/ca5/mas/curio/bd/b.html>



ESTUDIO AMBIENTAL



EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente trabajo se ha elaborado de acuerdo a los ítems previstos para evaluaciones de impacto ambiental establecidos en la Ley Provincial 11.459/93 de Radicación Industrial de la Provincia de Buenos Aires y su Decreto Reglamentario N° 1.741/96.

Se estima que los contenidos son primariamente suficientes para satisfacer lo requerido por dicha normativa para ubicar a la Planta Productora de Biodiesel y Glicerina, y a sus actividades en un marco óptimo de relación con el entorno donde se asienta.



1. INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento destinado a identificar y valorar de modo predictivo los impactos ambientales que un Proyecto produciría en caso de ser ejecutado, a los efectos de su prevención y/o mitigación, y para que la Autoridad Ambiental competente cuente con elementos suficientes que le permitan aprobarlo o rechazarlo.

El presente informe corresponde a la Evaluación de Impacto Ambiental de la Planta Productora de Biodiesel y Glicerina en Dock Sud cita en el Partido de Avellaneda (desde ahora llamada “la Planta”)

El estudio realizado y sus contenidos, que se presenta a continuación, aspira a conformarse como un análisis adecuado y real del emprendimiento evaluado, tanto desde sus aspectos técnicos como ambientales.

Además se espera que sus contenidos conformen una base de datos sobre el entorno del área de estudio y un adecuado marco de referencia para el correcto desenvolvimiento de las tareas específicas de la planta y su relación con el entorno urbano y natural.

En cuanto a la identificación de los impactos se resolvió elaborar, en coincidencia con la normativa vigente, una matriz de interacción o listado de control bidimensional, con modificaciones particulares, tomando como base a la denominada Matriz de Leopold. Se estima que las matrices elaboradas se ajustan a los requerimientos de análisis que se expone en el presente.



2. OBJETIVOS

Un objetivo importante de los estudios es la identificación de todas aquellas situaciones reales o potenciales que pudieran generar impactos ambientales negativos, o riesgos altos o inaceptables.

Por lo tanto, el sentido del estudio es similar al de una Auditoría de Operación de dicha Planta, del cual surgirán, a modo de Medidas de Mitigación o Plan de Gestión Ambiental, las acciones concretas y las recomendaciones para la optimización de la gestión ambiental integral del establecimiento.

Luego de la descripción de los alcances y caracterización de la evaluación de impacto ambiental es posible establecer los objetivos generales prefijados como los siguientes:

- Completar y recabar toda la información disponible de la Planta propiamente dicha y del entorno donde se asienta.
- Describir, caracterizar al emprendimiento y evaluar su situación actual y/o con la introducción de aquellas mejoras o modificaciones posibles.
- Establecer las adecuaciones a fin de minimizar y/o atenuar las posibles consecuencias negativas de las tareas a desarrollar y desarrolladas por la Planta sobre el ambiente.
- Establecer las repercusiones de su funcionamiento en el ambiente físico, social y urbano.
- Evaluar el impacto neto de las acciones principales del emprendimiento, el estudio de medidas correctoras y el establecimiento de los instrumentos de control y mitigación.



- Caracterizar de manera múltiple el entorno de emplazamiento del emprendimiento.
- Ordenar y brindar la información recabada y analizada para la elaboración de planes y acciones para el control, atenuación y/o minimización de los impactos negativos en el ambiente.



3. NIVEL DE COMPLEJIDAD AMBIENTAL (NCA)

ASPECTOS TÉCNICOS A EVALUAR SEGÚN LEY PROVINCIAL 11.459 DECRETO
REGLAMENTARIO 1.741/96 ECUACION DE COMPLEJIDAD

NIVEL DE COMPLEJIDAD AMBIENTAL (NCA):

Se tomó como base de fundamento la Ley 11.459 y su Decreto reglamentario 1741/96, Anexo 2, donde se establecen el nivel de complejidad ambiental de un establecimiento o empresa de servicios. El mismo deberá definirse por medio de la siguiente ecuación polinómica de cinco términos:

$$\mathbf{NCA = Ru + ER + Ri + Di + Lo}$$

Dónde:

Ru: Rubro de la actividad, que incluye la índole de las materias primas, de los materiales que se manipulan, elaboran o almacenan, y el proceso desarrollado.

ER: Calidad de los efluentes y residuos que se generan.

Ri: Riesgos potenciales de la actividad: incendio, explosión, químico, acústico y por aparatos de presión que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante.

Di: Dimensión del emprendimiento, considerando la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie.

Lo: Localización de la empresa, teniendo en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee.



3.1. RUBRO (Ru):

De acuerdo con la clasificación internacional de actividades, y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados se enumeran tres tipos de grupos:

Grupo 1= valor 1

Grupo 2= valor 5

Grupo 3= valor 10

Los grupos son detallados en el ANEXO I del Decreto 1741/96, *Reglamentario de la Ley 11.459 de Radicación Industrial*

Si bien la elaboración de biodiesel no está aún categorizada como una actividad industrial puede incluirse en el rubro Fabricación de Productos de la Refinación del Petróleo, ya que el biodiesel es considerado un combustible al igual que los productos derivados del petróleo. Este tipo de actividad pertenece al Grupo 3, por lo tanto este Proyecto puede incluirse perfectamente en este grupo, y Ru=10.

3.2 EFLUENTES Y RESIDUOS (ER)

Se clasifican como de tipo 0, 1 o 2 según el siguiente detalle:

a) Tipo 0:

Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural.



Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente.

Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios

b) Tipo 1:

Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.

Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales o que no pudiesen generar residuos especiales. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.

Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos especiales o de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales.

c) Tipo 2:

Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1.

Líquidos: con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales.

Que posean o deban poseer más de un tratamiento.

Sólidos y/o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos especiales.

De acuerdo al tipo de efluentes y residuos generados, el parámetro ER adoptará los siguientes valores:

Tipo 0: se le asigna el valor 0

Tipo 1: se le asigna el valor 3

Tipo 2: se le asigna el valor 6



En aquellos casos en que los efluentes y residuos generados en el establecimiento correspondan a una combinación de más de un Tipo, se le asignará el Tipo de mayor valor numérico.

Para el caso de este Proyecto se adopta el valor Tipo 0, dado que los residuos gaseosos son Tipo 0 (combustión de metano), los residuos sólidos son Tipo 0 (domiciliarios), y los efluentes líquidos son Tipo 0 (el agua del proceso se recupera en su totalidad), por lo tanto $ER = 0$.

3.3. RIESGO (R_i)

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:

Riesgo por aparatos sometidos a presión

Riesgo acústico

Riesgo por sustancias químicas

Riesgo de explosión

Riesgo de incendio

En nuestro caso, hay riesgo por aparatos sometidos a presión, riesgo acústico, riesgo por sustancias químicas, riesgo de explosión, riesgo de incendio. Por lo tanto, el valor de $R_i=5$.



3.4. DIMENSIONAMIENTO (D_i)

Tendrá en cuenta:

a) Cantidad de personal

Hasta 15: adopta el valor 0

Entre 16 y 50: adopta el valor 1

Entre 51 y 150: adopta el valor 2

Entre 151 y 500: adopta el valor 3

Más de 500: adopta el valor 4

En nuestro caso se le asigna el valor 1.

b) Potencia instalada (en HP)

Hasta 25: adopta el valor 0

De 26 a 100: adopta el valor 1

De 101 a 500: adopta el valor 2

Mayor de 500. adopta el valor 3

La potencia instalada es mayor a 200 HP, por lo tanto se le asigna el valor 2.

c) Relación entre Superficie cubierta y Superficie total

Hasta 0,2: adopta el valor 0

De 0,21 hasta 0,5: adopta el valor 1

De 0,51 a 0,81: adopta el valor 2

De 0,81 a 1,0: adopta el valor 3

El Proyecto tendrá una superficie cubierta del 70%, por lo tanto adopta el valor 2.

De la suma de los valores anteriores tenemos un $D_i=5$.



3.5 LOCALIZACIÓN (Lo)

Se tendrá en cuenta:

a) Zona

Parque industrial: adopta el valor 0

Industrial Exclusiva y Rural: adopta el valor 1

El resto de las zonas: adopta el valor 2

b) Infraestructura de servicios de:

Agua

Cloaca

Luz

Gas

Por la carencia de cada uno de los servicios se asigna el valor 0,5. En nuestro caso, el Parque Industrial Dock Sud cuenta con todos los servicios. Por lo tanto, concluimos que $Lo=0$.

De acuerdo a lo establecido por el Artículo 9° del Decreto 1741, los valores del NCA las industrias se clasifican en:

- PRIMERA CATEGORÍA: hasta 11.
- SEGUNDA CATEGORÍA: más de 11 y hasta 25.
- TERCERA CATEGORÍA: más de 25.

Valores obtenidos:

$R_u = 10$

$E_R = 6$

$R_i = 5$



$$D_i = 6$$

$$L_o = 0$$

$$NCA = R_u + E_R + R_i + D_i + L_o = 10 + 0 + 5 + 6 + 0$$

$$\mathbf{NCA = 20}$$

Concluimos que nuestro NCA es igual a 20, y por ello estamos dentro de un establecimiento de **SEGUNDA CATEGORÍA**.



4. EVALUACION AMBIENTAL- METODOLOGÍA DE TRABAJO

ELABORACIÓN METODOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN DEL ESTUDIO

A fin de efectuar un análisis integrado, global, sistemático e interdisciplinario del ambiente y sus componentes se han adecuado medios que facilitan la identificación y cuantificación de los impactos y la recolección de la información requerida para estos fines.

De acuerdo con estas ideas, se expone la metodología seguida en la elaboración del presente trabajo.

5.1 ELABORACIÓN METODOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN DEL ESTUDIO:

Contenidos:

Se tomó como base de fundamento la Ley 11.459 y su Decreto reglamentario 1741/96, Anexo 4 Apéndice I, donde se establecen los parámetros básicos a considerar para la Evaluación de Impacto Ambiental.

Una vez seleccionados los factores ambientales, definidas las acciones impactantes más representativas y sus características generales, se elaboraron las matrices para la identificación y análisis de los posibles diferentes impactos. Además de ello se establecieron diversas medidas de mitigación y/o atenuación de los impactos negativos identificados.



4.1.1 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

Contenidos:

Se efectuaron estudios de los antecedentes e información estadística sobre la temática, a fin de conformar una caracterización climatológica del área de emplazamiento de la Planta, conforme con los datos compilados.

Para este objetivo se recabaron y evaluaron las estadísticas climatológicas disponibles suministradas por el Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a estaciones más cercanas o de la mayor riqueza de datos disponibles.

4.1.2 ESTUDIOS ATMOSFÉRICOS

Contenidos:

Se efectuaron estudios de los antecedentes e información estadística sobre la temática, a fin de conformar una caracterización de la situación en el entorno inmediato a la terminal, conforme con los datos compilados.

Para este objetivo se analizaron conjuntamente las estadísticas climatológicas disponibles suministradas por el Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a estaciones más cercanas y se realizarán las mediciones pertinentes a fin de evaluar el comportamiento de posibles materiales contaminantes y su relación con el ambiente.

Tanto los datos climatológicos como los atmosféricos se toman de la Estación de Meteorológica Aeroparque Buenos Aires, perteneciente a la red de observaciones del Servicio Meteorológico Nacional, que se encuentra ubicada a los 34° 34´ de Latitud S y 58° 25´ Latitud O y a una altura de 6 m.s.n.m.



4.1.3 GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Contenidos:

Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos y Suelos

Para evaluar estos conceptos se relevó toda la información posible de literatura y otras fuentes de interés.

4.1.4 MEDIO AMBIENTE SOCIOECONÓMICO Y DE INFRAESTRUCTURA:

Contenidos:

Se trabajó en base a la información del INDEC, usos y ocupación del suelo, infraestructura y servicios, recopilada a nivel partido y/o fracción censal, a fin de caracterizar de la forma más adecuada posible el entorno socioeconómico donde se asienta la planta.



5. EVALUACION AMBIENTAL

5.1.-MEDIO INERTE

ASPECTOS TÉCNICOS A EVALUAR SEGÚN LEY PROVINCIAL 11.459 DECRETO
REGLAMENTARIO 1.741/96

RECURSOS HÍDRICOS: SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO

ATMÓSFERA: VARIABLES ATMOSFÉRICAS Y RELACIÓN CON EL PROYECTO

5.1.1. - CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL MEDIO INERTE

El área en general, tal como puede apreciarse a través del análisis de cartas topográficas y de la interpretación de las imágenes satelitales, muestra explícitamente que algunas de estas consideraciones son de mayor relevancia que otras, por lo que se focaliza la atención en mayor profundidad sobre las mismas.

Mencionando nuevamente que varios de los temas a describir a continuación serán caracterizados en cada punto en particular, cabe un breve detalle de cada uno de ellos a fin de brindar un adecuado marco inicial de ubicación geográfica del área de análisis.

La zona bajo estudio se encuentra en la localidad de Dock Sud, en el partido de Avellaneda, provincia de Buenos Aires, separada de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por el Riachuelo. Esta zona, portuaria, se encuentra en la desembocadura del Matanza-Riachuelo en el Río de La Plata.



Imagen 5.1.1 EIA-Vista Aérea

5.1.1.1 – CLIMATOLOGÍA

El clima de la región se caracteriza por ser templado y con elevada humedad relativa como rasgo distintivo. Las precipitaciones medias anuales superan los 1000 mm. Se producen con mayor frecuencia en los meses más cálidos (de Octubre a Abril). Las precipitaciones medias mensuales marcan un máximo de 145 mm en marzo y un mínimo de 40 en junio. Las tormentas con recurrencia de 25 años o más desarrollan láminas mayores a los 300 mm.

La gran masa de agua que rodea a la región metropolitana por el este, ejerce una importante influencia en la zona costera. La humedad se acrecienta a fines del otoño y principios de invierno y se ve disminuida con los vientos del noroeste que soplan en primavera y verano. Cuando el aire llega a saturarse se producen las nieblas y neblinas que invariablemente acompañan el reborde costero y los



curios de los ríos, debidas a la intensa evaporación y al enfriamiento del aire más cálido, cargado de humedad, que traen los vientos del este y noreste al entrar en contacto con la superficie. Los meses con mayor número de días con niebla son los más fríos (de mayo a agosto):

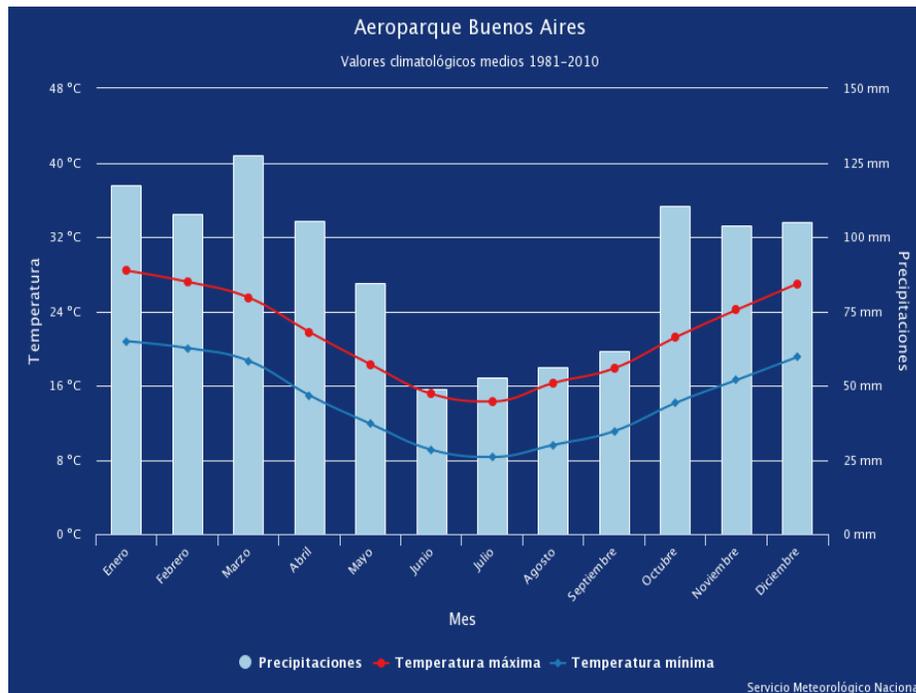


Imagen 5.1.1.1 EIA-Grafico de Precipitaciones

La temperatura media anual oscila entre los 16 y 17 °C. Las temperaturas extremas registradas corresponden a 39,6°C de máxima en diciembre - enero y mínima de -4,8 °C en junio.

La temperatura registra dos bruscos desniveles, uno en otoño (alrededor de abril) y otro en primavera (octubre), registrándose en dichos momentos desniveles de 4°C en los promedios mensuales. Una de las características positivas del clima es el bajo promedio de días con temperatura bajo cero que



se registran, influyendo para ello, como se ha mencionado, el gran caudal del Río de la Plata, que por generar tan elevado coeficiente de humedad provoca la consiguiente reducción de las heladas.

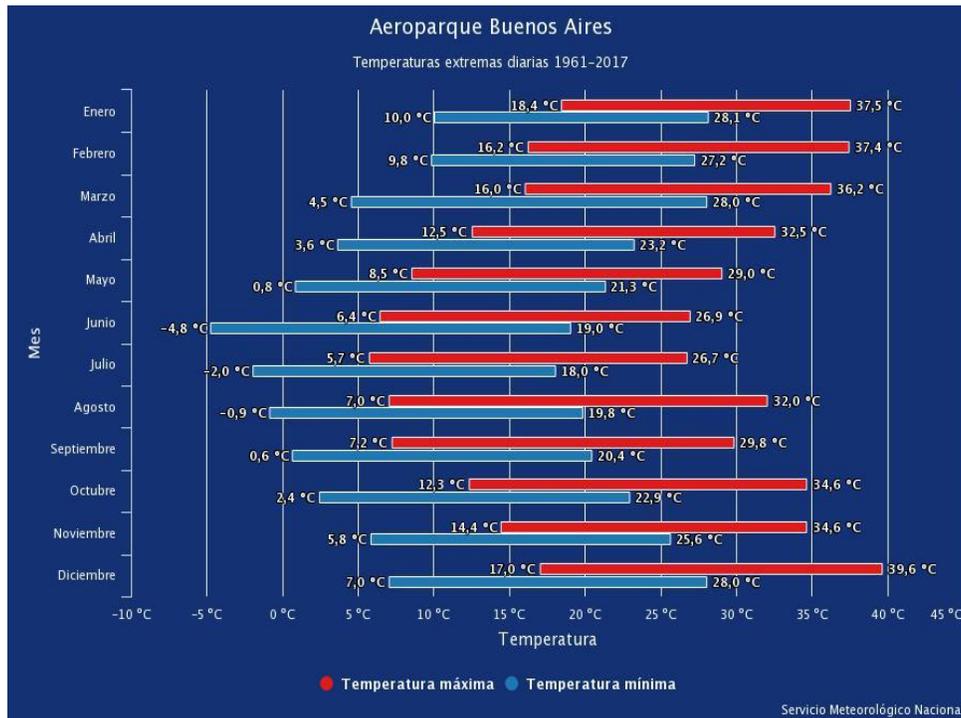


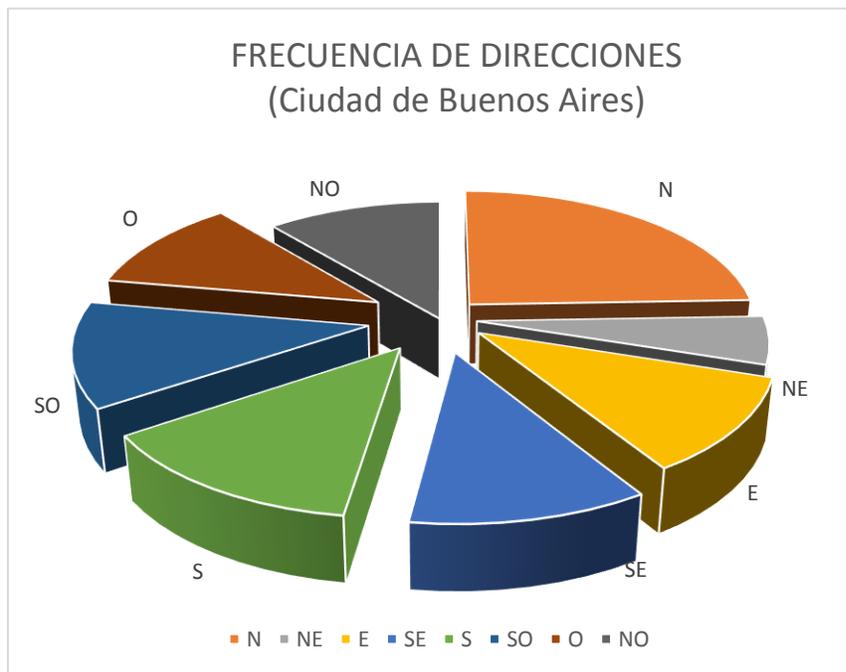
Imagen 5.1.1.1a EIA-Grafico de Temperaturas

Los vientos locales tienen un relevante papel en la caracterización del sitio. La Sudestada, sinónimo de mal tiempo, lluvias y descargas eléctricas, eleva el nivel del Río de la Plata, no permitiéndole drenar libremente hacia el océano, lo que indirectamente incide en el nivel de los ríos de la región que desaguan en él, provocando desbordes e inundaciones en sus cursos inferiores. Estas tormentas, generalmente están precedidas de densas nieblas formadas por vientos cálidos del N, NO y NE, los que al virar bruscamente al SE desatan el temporal.



La Sudestada no es viento dominante, igualando promedios con los del E, NE y N. El viento proveniente del Norte acompaña las épocas de inestabilidad, soplando con mayor frecuencia en enero, el del NE en otoño y primavera, y el del Este en primavera y verano. Los vientos del sector oeste (SO, O y NO) son los menos frecuentes. Una característica positiva de los vientos en la región es su velocidad media relativamente baja, que promedia de 10 a 17 Km/h.

En el gráfico a continuación, se observan las frecuencias de direcciones observadas en la zona.



Los datos han sido obtenidos y volcados a gráficos a partir de las estadísticas y mediciones del Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, del Servicio



Meteorológico Nacional (base aérea El Palomar y Aeropuerto Ezeiza) y de la Universidad de La Matanza.

5.1.1.2.- GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La caracterización del medio físico será a escala regional y mediante información antecedente.

La zona constituye una llanura de suave pendiente regional hacia el Río de La Plata dentro de este ámbito de escaso relieve que constituye la denominada Pampa Baja de Frenguelli.

Se destacan tres formas dominantes de acuerdo a los conceptos empleados por Salas et al, 1972: la llanura alta, la intermedia y la baja, con pendientes de 0.5, 1.5 y 0.4 m/Km respectivamente.

- **Llanura alta:** Ocupa las divisorias de la cuenca Noreste, Oeste y Sur, quedando además remanentes en algunos interfluvios. De escasa pendiente, adopta una forma levemente convexa. Comprende principalmente lagunas y bañados inconexos, (sin conexión) y redes de drenaje más desarrolladas que otras.



La superficie abarcada ocupa un 46% del total de la cuenca y su vinculación con unidades vecinas es transicional.

- **Llanura Intermedia:** Es la de mayor pendiente dentro de la cuenca y posee una red de drenaje más densa e integrada existiendo algunos bañados y lagunas.

La forma se presenta como un plano cóncavo relativamente acentuado, surcado por depresiones originarias de erosiones fluviales. Ocupa el 44% del área total. La mayor densidad del avenamiento (drenaje) fluvial es la infiltración.

- **Llanura Baja:** Está compuesta por valles y sus áreas de inundación las que incrementan su desarrollo hacia la desembocadura acorde con una disminución de pendiente y aumento en los volúmenes de aguas superficiales concentrados.

Es un área receptiva de sedimentos y agua. Su forma plana muestra una pendiente mínima. Se extiende en el 10% de la cuenca (litología del suelo deprimida): su característica geológica es la del almacenamiento en banco y predominancia de la descarga de aguas freáticas, tanto en forma de caudal básico como de evaporación.



Las anteriores formas, condicionan el comportamiento del escurrimiento superficial creando zonas de anegamiento y, por lo tanto, áreas de recarga local con aguas de baja calidad.

De acuerdo a lo mencionado, la región puede ser separada en dos zonas diferentes, una que bordea el Río de La Plata, que no pasa de los 5 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) y otra más occidental que abarca alturas mayores de 5 metros. Dentro de esta última corre, casi en su parte media, una zona axial que divide el drenaje, uno con dirección regional hacia el Plata y Paraná; mientras que el otro hacia las cuencas internas (Cappannini et al, 1958).

El drenaje regional es de diseño dendrítico (presenta un diseño de drenaje).

La secuencia estratigráfica resumida comienza con el desarrollo de un cuerpo de gravas arenosas de espesor variable. Esta unidad está integrada básicamente por areniscas, arcillas rojas, pardas y con intercalaciones calcáreas.

El tramo superior areno - arcilloso actúa como acuicludo (formación geológica poco permeable).

Por encima de la secuencia anterior el mar cubrió gran parte de la llanura Chaco-Pampeana, depositando los grandes mantos de sedimentos, característicos de esta formación.



Luego se desarrolla la secuencia arenosa de la Formación Puelche o Arenas Puelches. Con el retiro del paraniano (rio) hacia el Sudeste se dieron las condiciones adecuadas para la formación de un gran sistema fluvial.

Las Arenas Puelches están separadas de la secuencia pampeana sobrepuesta por una secuencia limo arcillosa que actúa como acuitardo (formación geológica de naturaleza algo impermeable y confinada-aislada-). Esta unidad estratigráfica está conformada por limos arenosos pardos.

El Pampeano es sucedido por una secuencia limo arcillosa que lo separa del Pospampeano y agrupa a las denominadas Formaciones Ensenada y Buenos Aires, o Ensenadense y Bonaerense, siendo las dos unidades muy similares y en algunos casos de difícil separación e identificación.

Actualmente se agrupa a este conjunto como "sedimentos pampeanos", abarcando gran parte de la llanura Chaco-Pampeana, con potencias que varían entre 15 mts. y 30 mts., pudiendo alcanzar hasta 100 mts. En gran medida, corresponden a sedimentos transportados por los vientos desde la cordillera.

Considerables nubes de polvo de los volcanes cordilleranos alcanzaron a depositarse hasta el Atlántico, dando origen al denominado "loess pampeano"(deposito sedimentario arcilloso).



En la base de esta unidad se suele encontrar una arcilla limosa de color gris verdosa, con espesores que varían entre 1 y 5 mts., y que constituye su límite con las Arenas Puelches.

Esta secuencia comprende un sin número de subunidades de litologías variables. Si establecemos un perfil en dirección oeste - este tendremos que en el extremo oeste se desarrolló una secuencia estratigráfica similar a la descripta, donde el Pos-pampeano está reducido a expresiones muy locales. A medida que avanzamos hacia el este (hacia el Río de La Plata) la facie (conjunto de rocas) limo arenosa ubicada sobre el techo del Puelches se acuña hasta desaparecer en las proximidades de la ribera (sector donde se ubica la planta).



Suelos

Se pueden reconocer dos tipos básicos de suelos de acuerdo a la zona donde se desarrollan, así tenemos:

Suelos de llano inundable costero:

Morfológicamente, se extienden sobre casi todo el llano marginal costero, originado por la acción de las aguas del Río de La Plata, externamente al borde ribereño, comprendiendo una amplia zona plana de la terraza baja con zonas pantanosas en parte.

Este escalón costero se comporta como una área deprimida, sobre la cual se desarrollan cursos de agua divagantes y hasta temporarios, alimentados por aguas pluviales y de las máximas crecidas (sudestadas) del Río de La Plata.

Estos suelos evolucionan bajo condiciones típicamente hidromórficas, dadas por inundaciones estacionales y permanencia del nivel freático somero.

Estos suelos desarrollan condiciones netamente salinas a alcalinas ($\text{pH} > 7$), donde han operado procesos de reducción química sobre los materiales originales, acumulando en el horizonte a materiales orgánicos Cappannini (op. cit.) los ha clasificado como Gleys húmico salino alcalino.



Suelos de los albardones costeros:

Como su nombre lo señala, son aquellos que se desarrollan sobre los albardones (lomada-elevación) de la costa del Río de La Plata.

Se presentan distribuidos en forma de cordones arenosos, a lo largo de los cursos que divagan dentro de la baja costera.

Son suelos jóvenes, sin presencia de signos de evaluación pedogenica (pedogenesis o evolución del suelo- formación- es el proceso por el cual se crea el suelo) su perfil es cercano al metro y medio, con una sucesión de capas no relacionadas genéticamente entre sí, diferenciadas por caracteres texturales, estructurales, contenido de sales, materia orgánica, pH, etc.

El material original lo constituye limos a arenas limosas, permeables, que ofrecen condiciones de suelo favorables. De hecho, la selva marginal bonaerense se extiende en íntima relación con los albardones costeros.

La buena textura y el alto contenido orgánico, hacen que estos suelos ofrezcan las mejores condiciones para aquellas personas destinadas al trabajo de la tierra, estos se denominan agricultores.



Estos suelos fueron clasificados por *Cappannini (op. cit.)* como *suelos aluvionales* o *Gley húmicos*.

Sobre este último complejo se radicaron todas las industrias vinculadas con la actividad portuaria, es decir que las construcciones y operaciones industriales se realizaron sobre estas estructuras, sobre las cuales se provocaron los rellenos de bajos por materiales obtenidos del dragado de canales.

Es lo que hoy conforma el sustrato de asentamiento del polo industrial de Dock Sud lo constituye material de relleno, con procesos de edafización (suelos) incipientes o antrópicos (agregados de suelo orgánico para parques y jardines). Por lo tanto, sería propicio calificar los suelos de esta área como Suelos de Relleno o de origen no natural.

Calidad química de suelos

Tanto este suelo como cualquier otro poseen en su composición especies químicas móviles vinculadas a la matriz mineral por fenómenos de adsorción llamadas cationes de intercambio, y otros que forman parte de las estructuras cristalinas de los minerales del suelo (arcillas, cuarzo, feldespato, micas, carbonatos, etc.).

Los cationes de intercambio son los constituyentes móviles del suelo, entre ellos, y de acuerdo a las condiciones de pH y potencial redox, se movilizan muchos de



los oligoelementos considerados como contaminantes. Los componentes mayoritarios (99% del total) están constituidos por: calcio, magnesio, sodio y potasio.

Los oligoelementos presentes, son considerados como nutrientes y deben su presencia a procesos naturales. Cuando alguno de estos componentes se presenta en concentraciones anormales se los considera como contaminantes y deben su presencia tanto a procesos naturales como antrópicos (no naturales).

Análisis recopilados de información antecedentes.

De la escasa información antecedente sobre suelos del lugar se han obtenido los siguientes datos, para el suelo del llano inundable costero presenta los siguientes valores en cationes de intercambio (*Cappannini op. cit.*):

Elemento	Máximo [g/Kg]	Mínimo [g/Kg]
Calcio	5.61	2.20
Magnesio	3.58	1.19
Sodio	0.83	4.42
Potasio	Sin datos	Sin datos

El suelo del albardón (loma o elevación) costero presenta los siguientes valores en cationes de intercambio (*Cappannini op. cit.*):

Elemento	Máximo [g/Kg]	Mínimo [g/Kg]
Calcio	6.81	1.88
Magnesio	1.90	0.58
Sodio	0.87	0.22
Potasio	0.33	0.04



5.1.1.3.- HIDROGEOLOGÍA

Sobre la capa superior de la denominada Formación Paraná (Mioceno Marino) se localizan dos importantes acuíferos primarios (el Puelche y el Epipelche) que constituyen una de las principales fuentes de agua subterránea principalmente para el área del Gran Buenos Aires y adyacencias.

El Acuífero Puelche está formado por arenas limpias y es el que en la actualidad está siendo mayormente utilizado como fuente de agua subterránea. Esta Formación Puelche está cubierta principalmente por sedimentos provenientes de la formación Pampeano, un depósito de características loésicas (arcillosas), formado por capas de limos y limo arcillas preconsolidadas por deshidratación.

La morfología de la Formación Post-Pampeano resulta importante en los acuíferos que se profundizan con pendiente hacia el Río de La Plata.

Hidrogeológicamente debe destacarse la intrusión de agua salada a una elevación de +5 metros, siendo esta la fuente de contaminación por agua salada del Puelche, que es producida por la sobreexplotación causada por el sobre-bombeo local de este acuífero.



En función de la estratigrafía sedimentaria dada en la región donde se asienta la Provincia de Buenos Aires, las características hidrogeológicas presentan una relativa homogeneidad. En varias regiones las características de permeabilidad horizontal resultan más elevadas que la permeabilidad vertical.

Dadas las características de utilización del suelo y necesidades de explotación de agua por parte de las amplias zonas urbanas e industriales en esta región, la capacidad de almacenamiento subterráneo en las capas superiores se encuentra considerablemente reducida.

Por tratarse de formaciones sedimentarias se pueden distinguir mantos de limo y loess (del alemán- son depósitos sedimentarios arcillosos de origen eólico, que fueron transportadas por las tormentas de polvo a lo largo de miles de años), ambos de gran extensión, encontrándose los primeros en las sedimentaciones de origen marino.

La morfología general de las cuencas es propia de los terrenos sedimentarios, es decir de una uniformidad bastante marcada con ligeras ondulaciones y con una reducida pendiente, cuya media es de 0,35 m/km. Éstas se encuentran sobre un basamento cristalino impermeable que se ubica a profundidades que oscilan entre los 283 mts. y los 349 mts., referidos a la cota cero IGM.(Instituto Geográfico Militar – son las determinaciones del GPS para trabajos de campo)



Las denominadas "arenas Puelches" desde el punto de vista hidrológico constituyen el principal receptor de agua, estando formadas por un conjunto de arenas cuarzosas finas a medianas de color pardo amarillento a blanquecino. Sobre estas arenas Puelches yace el Pampeano, constituido por suelos limosos fuertemente alterados por la vegetación y el clima.

El factor vegetación le otorga características peculiares a esta formación, notándose la presencia de materias orgánicas provenientes del constante proceso de renovación de las plantas. En cuanto a la influencia climática, sus efectos se ponen de manifiesto en la desagregación mecánica y la descomposición química con producción de partículas finas y ricas en arcillas. Debe destacarse de este conjunto estratigráfico la importancia de las arenas Puelches desde dos puntos de vista:

- Por su capacidad de almacenaje de agua.
- Por su capacidad portante.

La capacidad de almacenaje de las arenas Puelches, considerando que la extensión de la formación es de aproximadamente 83.000 km² (Auge et al, 1983).

La capacidad portante de las arenas Puelches es de gran importancia, pues los estratos superiores a las mismas están constituidos por rellenos de limos y



arcillas de elevada humedad natural y escaso valor soporte y en consecuencia inaptos para efectuar fundaciones.

5.1.1.4.- RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Primero es necesario recordar que una cuenca puede ser definida como el conjunto de cursos de agua superficial que drenan una determinada superficie de terreno en un punto de vuelco o desembocadura. Sus límites están definidos por la línea divisoria de aguas, línea imaginaria resultante de la unión de los puntos más altos que definen el aporte de las aguas hacia una u otra cuenca al escurrir en distintas direcciones.

La zona bajo estudio corresponde a la desembocadura en el Río de La Plata de la cuenca del Río Matanza-Riachuelo. Se encuentra ubicada junto a un canal artificial, denominado Dock Sud, destinado a carga y descarga de buques. La zona ha sido elevada por rellenos por lo que la red de drenaje no obedece a las condiciones naturales, observándose albardones y zonas deprimidas que favorecen el encharcamiento de las aguas pluviales.

En líneas generales, dada la proximidad de todos los sectores ya sea al Dock Sud o al Río de La Plata, el escurrimiento de aguas pluviales no llega a encausarse de forma definida, pero como planta industrial contamos con redes de drenaje.



5.1.1.5.- RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Es posible diferenciar tres grandes secciones o unidades hidrogeológicas (Sala et al 1972) apoyadas sobre el Basamento Impermeable, siendo las mismas:

A.- Sección Superior: Epipelche

B.- Sección Media: Puelche

C.- Sección Inferior: Hipopuelche

Dentro de ellas se distinguen paquetes sedimentarios acuíferos, acuitardos y acuicludos.

A.- Sección Superior o Epipelche:

Está alojada en sedimentos del Pampeano y Post-Pampeano, distinguiéndose dos capas acuíferas: la Capa Freática y el Pampeano.



La Capa Freática en algunas zonas se encuentra agotada, o aflorando como respuesta a períodos muy lluviosos o por cese en la explotación de acuíferos inferiores a la misma y constituye el acceso de la recarga al sistema. Son aguas en general de mala calidad por su contaminación química y bacteriológica. Su techo acompaña la morfología de la superficie, pudiendo emerger en forma de lagunas y otras aparece entre los 4m y 10m de profundidad.

El Pampeano, primer capa semiconfinada está limitada en su techo y base por sedimentos acuitardos. Se encuentra a profundidades de entre 10m y 30m, dependiendo de la topografía del terreno.

Son aguas duras, con excesos de nitratos y frecuentemente contaminadas bacteriológicamente y por oligoelementos provenientes del lixiviado de materiales provenientes de capas superiores contaminadas y que se mueven lateralmente, provenientes de áreas industriales y conllevan la contaminación proveniente de pozos negros desde larga data.

B.- Sección Media o "Arenas Puelches":

Son portadoras del acuífero denominado Puelche. Es la segunda sección semiconfinada, su base son los sedimentos acuicludos de la Formación Paraná (arcillas verdes) que limitan la filtración vertical descendente. Su techo son sedimentos acuitardos que permiten una conexión hidráulica con la sección



Epipelche, con posibilidad de permitir la recarga del acuífero y eventualmente el paso de los contaminantes disueltos en el agua de recarga.

Sus características principales pueden resumirse en que es un acuífero multicapa y es el recurso hídrico subterráneo más explotado para consumo humano.

C.- Sección Hipopuelche

Se encuentra alojada en los sedimentos continentales y en su porción superior en sedimentos de la formación Paraná. Es portadora de por lo menos tres capas acuíferas semiconfinadas.

Su contenido en sales es naturalmente elevado. En algunos sectores del Gran Buenos Aires es más pronunciado el agotamiento o salinización del HipoPuelche por la alta explotación para consumo industrial.

El sistema hidrogeológico puede resumirse en el cuadro que se expone a continuación adaptado de Auge et al, 1989.

Unidad lito estratigráfica	Comportamiento hidrogeológico	Caudal medio [m3/h]	Transmisividad media [m2/día]	Permeabilidad media [m/d]	Salinidad media [g/l]
POSPAMPEANO	Acuícludo acuitardo dominante	0 (arcilla)	5×10^{-3}	1×10^{-3}	15
		3 (conchilla)	10	2	1
PAMPEANO (Planicie costera)	Acuífero de media productividad	10 a 60	10 a 135	1 a 10	0,3 a 1
PUELICHE (Planicie costera)	Acuífero de alta productividad	30 a 120	///	///	8 a 20
PARANÁ	Acuícludo	///	///	///	3 a 7.5
OLIVOS	Acuícludo	///	///	///	6 a 40



Vale aclarar que “///” significa que no se tiene información sobre dichos extractos.

Entre el Puelche y El Pampeano se desarrolla una unidad hidrogeológica de características transicionales denominada Epipuelche de carácter semi-confinado que transita lentamente hasta convertirse en un acuífero libre o freático.

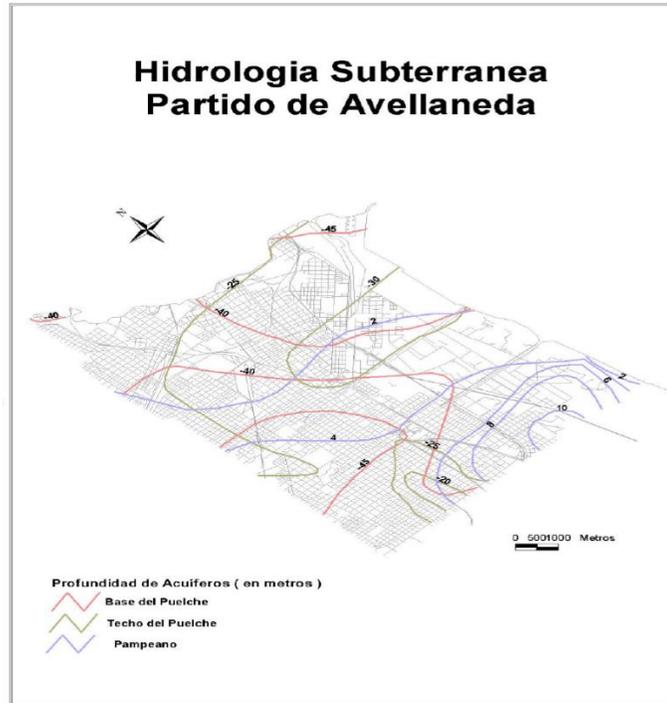
El acuífero Puelche se halla separado del Pampeano por una secuencia limo arcillosa que regula el pasaje de agua de este último hacia el productivo. Esta secuencia desaparece en la región ribereña dejando en contacto directo el sistema superior y el Puelche. A esta altura los sedimentos pospampeanos comienzan a integrarse a la serie conformando una unidad hidrogeológica distintiva por su carácter salobre. (*Auge, M. P. y J. R. Mugni. At all 1989. Estudio hidrogeológico para el drenaje de Marcos Paz, Provincia de Buenos Aires. Actas de la Segunda Conferencia Latinoamericana de hidrogeología urbana.*)

La situación descrita en la tabla anterior, determina que bajo la influencia del Río de La Plata la existencia de una cuña salina que divide el agua dulce de la salada. La recarga continental de este acuífero mantiene la interfase dulce / salada dentro de la región ribereña. Esta característica está determinada para el agua subterránea confinada o semiconfinada en la región de ribereña.

En lo que respecta al estudio del acuífero libre no se han hallado estudios publicados respecto de su composición química en elementos mayoritarios de



sistema (carbonato, bicarbonato, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, fosfato, sodio, potasio, calcio, magnesio), ni de su oligoelementos.



5.1.1.6.-CALIDAD DE LOS RECURSOS

En lo referente al recurso hídrico subterráneo más importante, el Puelche, éste ha sido sometido durante muchos años y hasta el presente, a una intensa explotación, en el área del Gran Buenos Aires.

Este acuífero presenta, en muchos puntos de su área de distribución, elevada concentración de nitratos. Éstos son originados por la degradación de proteínas y otras sustancias nitrogenadas aportadas por pozos negros, procesos de fertilización y otras actividades antrópicas. Los nitratos, de elevada solubilidad



en agua, son transportados desde las napas superiores por procesos de recarga, hasta el citado acuífero.

Colaborando al grado de deterioro del acuífero, se presenta el ingreso en el mismo de aguas de la napa salina más profunda (Hipopuelche) al quedar vacante las porosidades de la napa de aguas aptas, proceso de alto deterioro y de carácter irreversible.

Asimismo se observa un deterioro creciente de la potencialidad del acuífero Puelche para futuras captaciones, habiéndose registrado una disminución de niveles.

Se presentan colateralmente efectos secundarios que redundan en la merma del nivel freático (subacuífero Epipuelche en Vicente López y áreas cercanas a la Ciudad de Buenos Aires) y agudización de los problemas sanitarios por "succión" de agua contaminada superficial. Los efectos de sobreexplotación han ocasionado, como fenómeno lateral, la disminución de la potencialidad del Subacuífero Epipuelche por succión vertical, habiéndose agotado o estar en vías de desaparición en varios partidos del Gran Buenos Aires.

Como dato ilustrativo del grado de deterioro que presenta el Subacuífero Puelche se cita que, si bien el origen de los sedimentos que lo componen es continental, al salinizarse, los valores que se presentan de sólidos disueltos totales duplican



y aún triplican los que corresponden al Subacuífero Hipopuelche, de origen marino. Esto hace que muchas industrias opten por captar las aguas del segundo y por tratamiento las lleven a tenores compatibles con sus necesidades.

Esto ha ocasionado el ingreso de elementos químicos sumamente nocivos en el agua subterránea, por lo que el recurso se encuentra sumamente degradado. La presencia de conos de depresión en sectores que muestran sus cursos superficiales con altos contenidos de contaminantes agrava la situación, pues éstos pueden ingresar a los acuíferos subterráneos por succión.

Un componente importante del deterioro de los recursos hídricos subterráneos está dado por la presencia industrial que normalmente extrae cantidades importantes de agua del subsuelo (variables con el tipo y magnitud de las industrias). Esta extracción es en buena medida, responsable de la existencia de los conos de depresión (como lo indica su localización altamente correlacionada con la presencia industrial).

Esta depresión induce, también, procesos de salinización de las aguas. A su vez el lanzamiento "legalmente admitido" de efluentes no tratados a ríos y arroyos contamina a éstos y la depresión de las napas induce a una absorción de estos contaminantes.

La asociación entre industrias manufactureras y deterioro comprobado del recurso se advierte comparando los municipios afectados, y es un indicador de dicha presencia industrial.



Además de la presencia industrial, el deterioro del recurso ocurre por otras causas como la existencia de servicios centralizados de agua corriente alimentados por perforaciones.

Otra causa de deterioro del recurso subterráneo ocurre en zonas sujetas a peligros de inundación periódica, como es el caso de los numerosos valles laterales a ríos y arroyos que existen en la región.

5.1.1.7.- DISPONIBILIDAD VERSUS USOS

Al definir usos de las cuencas subterráneas, y en función de lo explicitado hasta el momento, podemos inferir tres usos posibles:

- Como medio receptor de los efluentes
- Como fuente de consumo
- Como uso industrial

Como medio receptor: esto sucede, por un accionar indirecto, ya que el lixiviado de los líquidos de los cursos de agua no canalizados afecta las capas inferiores del suelo, promoviendo y ampliando el área de contaminación, y se suma a los desagües clandestinos industriales y cloacales que se conectan a los cursos entubados, cuya finalidad primaria estaba acotada exclusivamente a formar parte del sistema pluvial.



Como fuente de consumo: Los materiales lixiviables son arrastrados a través de las distintas capas hasta las napas más profundas, determinando la mala calidad de las aguas subterráneas para el consumo.

Como recurso de uso industrial: En el caso general, su utilización depende de los destinos de uso y por ende de los requisitos a cumplimentar para el uso en las distintas industrias.

5.1.1.8.- PRESENTACION DEL SITIO

La Planta de Biodiesel se encuentra ubicada en el extremo noreste del partido de Avellaneda, en la localidad de Dock Sud, Provincia de Buenos Aires, ocupa el sector septentrional de la mencionada localidad. La zona constituye una llanura de suave pendiente regional hacia el Río de la Plata dentro de este ámbito de escaso relieve que constituye la denominada Pampa Baja de Frenguelli.

5.2.- MEDIO AMBIENTE SOCIECONOMICO Y DE INFRAESTRUCTURA.

ASPECTOS TECNICOS A EVALUAR SEGÚN LEY PROVINCIAL 11.459/DECRETO
REGLAMENTARIO 1.741/96

- DENSIDAD POBLACIONAL
- USOS Y OCUPACION DEL SUELO
- INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS



5.2.1.- DENSIDAD POBLACIONAL y DATOS DEMOGRAFICOS

Población

Cuadro P1-P. Provincia de Buenos Aires. Población total y variación intercensal absoluta y relativa por partido. Años 2001-2010				
Partido	Población		Variación absoluta	Variación relativa (%)
	2001	2010		
Total	13,827,203	15,625,084	1,797,881	13.0
Avellaneda	328,980	342,677	13,697	4.2
Nota: la población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.				
Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010.				

Cuadro P2-D. Provincia de Buenos Aires, partido Avellaneda. Población total por sexo e índice de masculinidad, según edad en años simples y grupos quinquenales de edad. Año 2010				
Edad	Población total	Sexo		Índice de masculinidad
		Varones	Mujeres	
Total	342,677	162,264	180,413	89.9
Nota: la población total incluye a las personas viviendo en situación de calle.				
El índice de masculinidad indica la cantidad de varones por cada 100 mujeres.				
Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.				

HECHOS VITALES AÑO 2010 - AVELLANEDA

ÁREA	POBLACIÓN	NACIDO	TASA DE	DEFUNCIONES	TASA
		VIVO	NATALIDAD	MENORES DE 12 MESES	MORTALIDAD
TOTAL	342,677	5.966	17.7	70	11,7
					INFANTIL



DATOS DEMOGRAFICOS	
Año de creación:	1852
Superficie (en km2):	55
Población total (hab):	342.677
Variación porcentual intersensal 2001-2010 (%):	4,2
Densidad de población (hab/km2):	6.231
Total hogares:	113.142
Necesidades Básicas Insatisfechas (%):	5.8
Producto Bruto Geográfico:	4.126.245
Tasa de desocupación:	6,2

Origen de la Población	
	%
Población Nativa País	///
No migrantes	64
Migrantes internos	27
Extranjeros	///
Países limítrofes	3.4
Países no limítrofes	5.7

Composición Etárea	
	%
De o a 14 años	21,5
15 a 64	64.9
65 años y más	13.7

Véase que “///” significa que no hay datos al respecto.



5.2.2.- USOS Y OCUPACION DEL SUELO

El Código de Planeamiento Urbano vigente en el Partido aprobado por la Ordenanza N° 11451/97. A continuación se observa el sector ocupado por la planta:



VIVIENDAS

El total de viviendas para el partido de Avellaneda, alcanza a 109.697, distribuidas de acuerdo al siguiente cuadro:

Total de Viviendas particulares	121.360
Viviendas ocupadas	103.661
Viviendas desocupadas	17.631
Viviendas colectivas	68

De acuerdo al tipo de vivienda, las viviendas particulares se clasifican del modo que a continuación se indican:

Casas "A"	57.927	52.81 %
Casas "B"	3.640	3.32 %
Rancho / Casilla	5.863	5.34 %
Departamentos	38.762	35.33 %



<i>Inquilinatos</i>	1.270	1.16 %
<i>No aptas</i>	366	0.33 %
<i>Desconocidas</i>	1.869	1.70 %

Como se desprende de la gráfica, predominan las casas del tipo A, continuando por debajo los departamentos y muy por debajo las casas del tipo B.

Según su condición de habitabilidad, para un total de 109.697 viviendas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Viviendas con buenas condiciones de habitabilidad: 97.5 %
- Viviendas deficitarias: 2.5 %

Comprobando los valores correspondientes al partido de Avellaneda con otros partidos de la Provincia de Buenos Aires, se puede observar que el porcentaje de viviendas con buenas condiciones de habitabilidad es uno de los más elevados entre ellos.

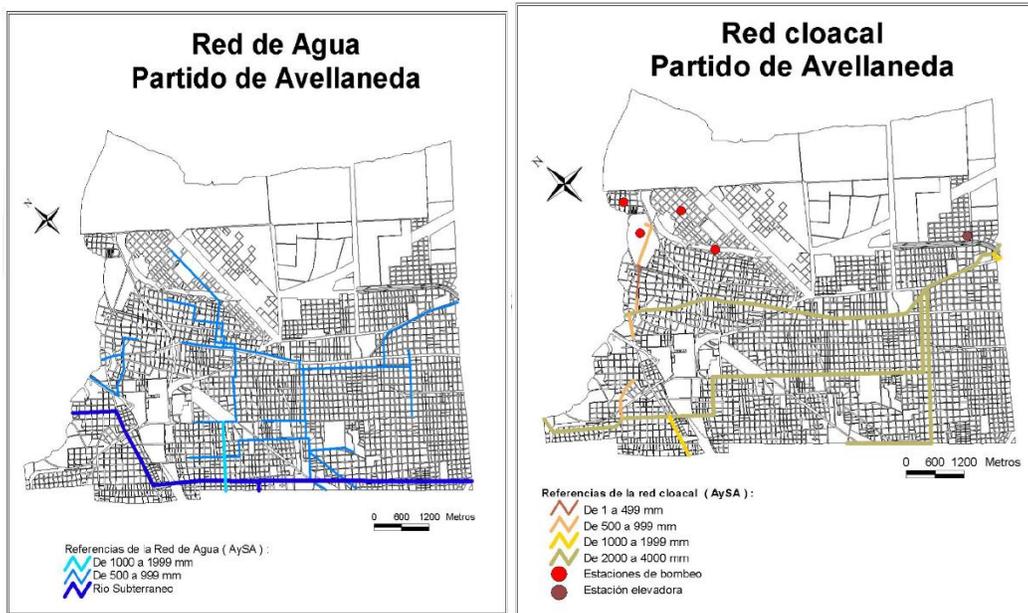
5.2.3.- INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS

De acuerdo a la infraestructura de servicios (agua, cloacas, electricidad) para un total de 109.697 viviendas particulares ocupadas en el Partido de Avellaneda, se registraron los porcentajes que a continuación se transcriben:

- Viviendas particulares ocupadas con agua por red pública: 95.9 %
- Viviendas particulares ocupadas con cloacas: 41.9 %
- Viviendas ocupadas con electricidad: 99.5 %
- Viviendas con agua por red pública: 95.9 %



Comparando estos valores con otros obtenidos para distintos partidos de la provincia de Buenos Aires, se puede apreciar que si bien existe un alto porcentaje de población con servicios de electricidad y agua por red pública, no ocurre lo mismo con respecto a la tenencia de cloacas.



La población con necesidades básicas insatisfechas para el Partido de Avellaneda, de acuerdo a los datos obtenidos por el INDEC, arroja las siguientes cifras:

- Total Hogares Particulares: 100.017
- Total Hogares con N.B.I.: 13.702
- % Población con N.B.I.: 13.7

(NBI- Necesidades Básicas Insatisfechas)



5.3.- MEDIO BIOTICO

ASPECTOS TÉCNICOS A EVALUAR SEGÚN

LEY PROVINCIAL 11.459/DECRETO REGLAMENTARIO 1.741/96

- *CARACTERIZACIÓN DE LA BIOTA
(CONJUNTO DE FLORA Y FAUNA EN UN LUGAR DETERMINADO)*
- *FLORA*
- *FAUNA*

5.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA BIOTA

Desde el punto de vista biogeográfico, el área de estudio corresponde a la Región Neotropical, la unidad natural del mundo con mayor biodiversidad, y está ubicada en una zona en la que se distinguen dos ambientes bien diferenciados: uno constituido por terrenos altos, y otro por las tierras bajas, anegadizas o pantanosas de los bañados y de las orillas de los arroyos.

Estas tierras han sido ocupadas con actividad ganadera desde el primer asiento colonizador español, y junto a la agricultura y urbanización han ido transformando el paisaje, modificando las condiciones de drenaje, la fertilidad del suelo y la composición de los pastizales, incluyendo la desaparición de especies autóctonas, y aportando otras nuevas de gran difusión.

En la actualidad, y luego de su casi completa urbanización y del desarrollo de emprendimientos tales como el Polo Petroquímico, el Relleno Sanitario de Villa Dominico y la Autopista Bs. As – La Plata que actúa como barrera contra la dispersión; en Avellaneda persisten algunas áreas de notable valor biológico, como la selva marginal que se asienta sobre un albardón costero de anchura variable (50-500 m), separando al Río de la Plata de las zonas bajas e inundables, además de un área de Quintas (entre los canales Sarandi y Santo



Domingo y la Autopista Bs. As – La Plata) y las lagunas de origen antrópico Saladita Norte y Saladita Sur.

5.3.2. FLORA

Las especies dominantes fueron probablemente especies de los géneros *Stipa*, *Paspalum*, *Aristida* y *Piptochaetium*. Los árboles: espinillos, porotillos, acacias, zarza mora, zarzaparrilla falsa, talaes y sauce colorado, crecían en las márgenes de los ríos y arroyos uniéndose por encima de los arroyos menores y formando los bosques en galería (relacionados con la provincia Paranaense).

Hoy en día, los bosques en galería ocupan parte de la planicie de inundación del estuario del Río de La Plata, donde se encuentra el albardón costero, y en el pasado acompañaban la desembocadura del Riachuelo. Sobre la superficie de las aguas predominaban los juncos y camalotes.

Actualmente, la vegetación primitiva original es casi inexistente; sólo persiste en lugares alejados de la urbanización, junto a las vías férreas, o en campos abandonados. Aún en estos lugares, se nota la influencia antrópica, de modo que es prácticamente imposible asegurar que una determinada comunidad represente fielmente la vegetación primitiva.

Los principales ecosistemas naturales están representados por la selva marginal, la selva con matorrales, los saucedales y matorrales ribereños, el monte, los chilcales y zarzamorrales, pajonales, pastizales, albardones de ligustros y madre selvas y restos de césped ribereño.

En las unidades forestales de la ribera que involucran a la selva marginal y al bosque, las especies dominantes son el ligustro (*Ligustrum lucidum*) y la



ligustrina (*Ligustrum sinense*), acompañados de varias especies arbóreas, autóctonas y exóticas. La dominancia del ligustro muestra la influencia que tienen las especies exóticas, muchas de las cuales exhiben elevada cobertura relativa.

De los estratos arbóreo y arbustivo, las especies más características son:

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
Seibo	<i>Erythrina crista-galli</i>
Sauce	<i>Salix babilonica</i>
Sauce criollo	<i>Salix humboldtiana</i>
Flor de espiga chica	<i>Alcalypha gracilis</i>
Laurel	<i>Ocotea acutifolia</i>
Espina de bañado	<i>Citharexylum montevidense</i>
Mataojo	<i>Pouteria salicifolia</i>
Ligustro (Flor blanca)	<i>Ligustrum lucidum</i>
Ligustrina	<i>Ligustrum sinense</i>
Tala	<i>Celtis spinosa</i>
Sombra de toro	<i>Jodina rombipholia</i>
Espinillo	<i>Acacia caven</i>
Coronillo	<i>Scutia butifolia</i>
Tala	<i>Celtis tala</i>
Timbó	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>
Sarandí	<i>Cepalanthus glabratus</i>
Arce	<i>Acer negundo</i>
Cina cina	<i>Parkinsonia aculata</i>
Ombú	<i>Phytolacca dioica</i>
Curupí	<i>Sapium haematospermum</i>
Acacia mansa	<i>Sesbania punicea</i>
Acacia	<i>Sesbania virgata</i>
Álamo plateado	<i>Populus alba</i>

Fuente: Secretaría de Producción, Política Ambiental y empleo.

En la planicie costera se observan varias especies herbáceas, entre las cuales se pueden mencionar a:



NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
helecho trepador	Trissalis aculeata
clavel del aire	Tillandsia sp.
panadero del monte	Conyza rigularis
enredadera	Cardiospermum helicocabum
helecho trepador	Rhipsalis aculeata
macachines	Oxalis mallobolba

Fuente: Secretaría de Producción, Política Ambiental y empleo.

La vegetación acuática puede conformar consocios o socios de plantas flotantes. Entre ellas se destacan:

Nombre vulgar	Nombre científico
lentejas de agua	Lemna spp., Wolffia spp., Wolffia spp. y Spirodela spp
helechos de agua	Azolla filliculoides
repollitos de agua	Pistia stratiotes
camalotes	Eichhornia crassipes y E. Azurea.

Fuente: Secretaría de Producción, Política Ambiental y empleo.

A sus partes sumergidas y emergidas se asocia una diversidad de especies de micro y macroinvertebrados.

En los bañados, orillas de arroyos y terrenos bajos y anegadizos se conserva la presencia de juncuales, totorales, duraznillos y pajonales de cortaderas como únicos reductos de vegetación nativa.

A medida que se incrementa la distancia desde la costa del Río de La Plata, comienza a simplificarse la estructura vegetal, manifestándose un gradual dominio de hierbas.

Ya en las zonas más urbanizadas se observa la forestación de espacios verdes, como ejemplo podemos citar El parque "Los Derechos del trabajador", uno de los espacios verdes públicos más grandes del partido. En este tipo de zonas, las especies dominantes son: Acacia, Acacias Bolas, Álamos, Araucarias, Ceibos,



Eucaliptos, Fresnos, Gomero, Palo Borracho, Paraísos, Plátanos, Tilo, siendo autóctonas Acacia, Araucarias y Palo Borracho (las dos especies, el de flor blanca y el de flor rosada).

En otros sectores simplemente se ha arrasado con los espacios naturales y no ha quedado vestigio de flora alguna.

5.3.3. FAUNA

La urbanización y los emprendimientos ingenieriles del área han dado y/o pueden dar lugar a cambios en la estructura y dinámica de las comunidades bióticas, haciendo desaparecer numerosas especies de la zona, principalmente mamíferos.

Estos cambios son promotores de la colonización y el establecimiento de especies oportunistas o adventicias, pudiendo aparecer especies vectoras de enfermedades que habitualmente no se encuentran en el área.

Es sumamente difícil evaluar el impacto ocasionado por la acción del hombre en el lugar, debido a que no se han establecido parámetros referidos a la fauna autóctona, en cuanto a evolución, desarrollo y número de especies.

Aves

Aunque en la Región Metropolitana de Buenos Aires viven unas 270 especies de aves silvestres, las comunes en la ciudad son apenas unas 30 a 40, según el lugar. Se trata de las especies mejor adaptadas para habitar ambientes modificados, cerca del hombre, y por lo general en sitios arbolados. Algunas de ellas son gorrión, paloma, benteveo, zorzal colorado y hornero. Las más comunes, gorrión y paloma, son exóticas.



En los claros se encuentran entre otras especies, el lirio amarillo (*Iris*), la paja brava (*Scirpus giganteus*), las sombrillas (*Rhynchospora*), los cuchareros, las saetas (*Alismataceae*) y las serpentinas de agua (*Lilaeopsis*), con aves típicas de pajonales y humedales o matorrales, especialmente la mosqueta pecho rayado (*Myiophobus*, *Tyrannidae*) y el siete vestidos (*Poospiza nigrorufa*, *Passeriformes*, *Emberizidae*).

Anfibios (primeros vertebrados)

Los anfibios de la ribera rioplatense reúnen dos órdenes: Apoda y Anura; el primero con la familia *Typhlonectidae* y el género *Chthonherpeton*. El orden Anura incluye las familias:

- *Bufo* (*Bufo*),
- *Leptodactylidae* (Géneros: *Leptodactylus*, *Physalaemus*, *Pseudopaludicola*)
- *Odontophrynidae* (Género *Odontophrynus*);
- *Ceratophryidae* (Género *Ceratophrys*);

Mamíferos

Los mamíferos se encuentran representados por los órdenes:

- *Marsupialia* (Fam. *Didelphidae*, Géneros: *Gracilinanus*, *Lutreolina*, *Didelphis*),
- *Edentata* (Fam. *Dasypodidae*, Género: *Dasypus*),
- *Carnivora* (Fam. *Mustelidae*, Géneros: *Lutra*, *Galictis*; Fam. *Felidae*, Género *Felix*).

(Esto se detalla con el fin de dar a conocer las clases de familias que habitaban la región).



Peces

La fauna íctica (peces presentes en el lugar) es posible que sea la más afectada de la zona, considerando los tramos medio e inferior del Río Matanza – Riachuelo, donde el insuficiente nivel de oxígeno en el agua ha determinado la mortandad, desaparición o disminución notoria de las especies que alguna vez existieron allí. Entre ellas se encontraban pejerreyes, sábalos y pacucitos, viejas, bagres, dientudos, palometas, mandubíes, dorados, mojarritas, tachuelas, patíes, bogas y amarillos desaparecidos hace mucho tiempo.

Igualmente, el Río de la Plata, además de ser receptor de la importante actividad de las grandes ciudades y del agro, es un estuario que tiene la particularidad de contener una amplia zona de mezcla de aguas dulce y salada, y de constituir el tramo final de las cuencas hidrográficas del Paraná, Uruguay y otros cuerpos de agua.

Tales características provocan la formación de distintos ambientes que varían en el tiempo y el espacio, generando un gran intercambio de fauna entre las distintas áreas de este particular cuerpo de agua.

Como consecuencia de estas acciones, se establecen condiciones de vida locales particulares que resultan en la formación de diversas asociaciones de peces.

En las dársenas donde las usinas vierten el agua utilizada para refrigeración, se incrementa localmente la temperatura del agua y se propicia la aglomeración de especies termófilas, en contraste con otras dársenas, donde se descarga únicamente arena o son utilizadas para naves en desuso, que no atraen a estas especies. A continuación describiremos los peces presentes a río abierto siendo



que en las costas hoy en día resulta difícil encontrar alguna de las especies a mencionar.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
Bagre amarillo	<i>Pimelodus clarias maculatus</i>
Bagarito	<i>Parapimelodus valenciennesi</i>
Bagre cruz blanca	<i>Parauchinepterus albicrux</i>
Surubí manchado	<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>
Armado	<i>Pterodoras granulosus</i>
Boga lisa	<i>Schizodon platae</i>
Boga	<i>Leporinus obtusidens</i>
Chafalote	<i>Rafiodon vulpinus</i>
Dorado	<i>Salminus maxillosus</i>
Patí	<i>Luciopimelodus pati</i>
Cucharón	<i>Sorubim lima</i>
Sábalo	<i>Prochilodus lineatus</i>
Banderita	<i>Eigenmannia virescens</i>
Sabalito plateado	<i>Cyphocharax platanus</i>
Mojarra	<i>Astyanax fasciatus</i> f. ; <i>Astyanax bimaculatus</i> b.
Piraña	<i>Serrasalmus spilopleura</i> ; <i>Serrasalmus marginatus</i> ; <i>Serrasalmus nattereri</i>
Pacucito	<i>Mylossoma duriventris</i>
Dentado jorobado	<i>Cynopotamus argenteus</i>
Dentado	<i>Roeboides bonariensis</i>
Pellona	<i>Ilisha flavipinnis</i>
Sardina	<i>Lycengraulis olidus</i>

Diversidad de especies registradas en el litoral del Río de la Plata. Fuente: Atlas Ambiental de Buenos Aires.



5.4.- Descripción del Proyecto

ASPECTOS TÉCNICOS A EVALUAR SEGÚN

LEY PROVINCIAL 11.459/DECRETO REGLAMENTARIO 1.741/96

ACTIVIDAD A DESARROLLAR Y TECNOLOGÍA A UTILIZAR:

- TRANSPORTE, MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.
- LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y/O TRATAMIENTO, CON TIPIFICACIÓN Y CÁLCULOS DE RESIDUOS SÓLIDOS, SEMISÓLIDOS, EMISIONES GASEOSAS, EFLUENTES Y/O RESIDUOS LÍQUIDOS QUE SE ESPERAN GENERAR.
- SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO Y/O TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISÓLIDOS.
- SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EMISIONES GASEOSAS. NÚMERO DE FUENTES DE EMISIONES PREVISTAS.
- SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO Y/O TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS.
- CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. RIESGOS ESPECÍFICOS DE LA ACTIVIDAD (RUIDOS, VIBRACIONES, ETC)

5.4.1- ACTIVIDAD A DESARROLLAR Y TECNOLOGÍA A UTILIZAR

5.4.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



El Proyecto de Producción de biodiesel a partir de aceite de colza se ubicará en la localidad de Dock Sud, Partido de Avellaneda (Provincia de Buenos Aires), dentro del Parque Industrial Dock Sud.

Este Proyecto comprende la construcción de una Planta para la producción de biodiesel utilizando como materia prima aceite de colza. Dicho aceite se hará reaccionar con metanol en presencia del catalizador hidróxido de sodio, obteniéndose como producto principal biodiesel (metil ésteres) y como subproducto glicerina.

Los parámetros de diseño y características generales del Proyecto se resumen a continuación:

La planta se diseña para una producción de biodiesel de 10.000 toneladas anuales.

5.4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Parámetros elegidos

Para evaluar los insumos y productos de la planta, es necesario mencionar las especificaciones que se estiman razonables para la reacción. A continuación se muestran los datos que se fijan:

El rendimiento de conversión de triglicéridos y metanol a metil ésteres (biodiesel) en presencia del catalizador se fija en 99%. Este requerimiento facilita el cumplimiento del contenido de ésteres en el biodiesel comercial con una pureza mayor a 96.5% en la República Argentina, establecido por la Secretaría de Energía de la Nación (Resolución 828/2010).



Se calculó el conjunto del flujo de manera de obtener 10.000 toneladas por año de biodiesel. Para tomar en cuenta el tiempo de mantenimiento de la planta y otras operaciones, consideramos que la planta operará 8760 horas por año, equivalente a 365 días de funcionamiento 24 horas por día, ya que la planta es pequeña y cuenta con equipos suplentes en caso de mantenimiento.

La reacción de transesterificación consume 3 moles de metanol por cada mol de triglicérido. Para acelerar la reacción y obtener mejor rendimiento de conversión, se adopta un exceso de metanol de 100%. Eso equivale a calcular las necesidades de metanol en 6 moles por mol de triglicéridos.

Composición y peso molecular del aceite

Otro dato importante es la composición del aceite de colza, esta información tiene importancia porque fija la cantidad de biodiesel a producir a partir del aceite entrante. A continuación, se muestra la composición del aceite de colza:

Nombre	Porcentaje (%)
Triglicéridos	96,85
Ácidos grasos libres (oleico)	3
No saponificables	0.15
TOTAL	100

Composición del aceite de colza

Para calcular el peso molecular de los triglicéridos en el aceite se detalla la composición de ácidos grasos en la siguiente tabla (Fuente: Biblioteca digital de la Universidad Católica Argentina, 2011). Luego se escribe la fórmula compacta de cada ácido graso libre y a partir de los pesos moleculares de los elementos



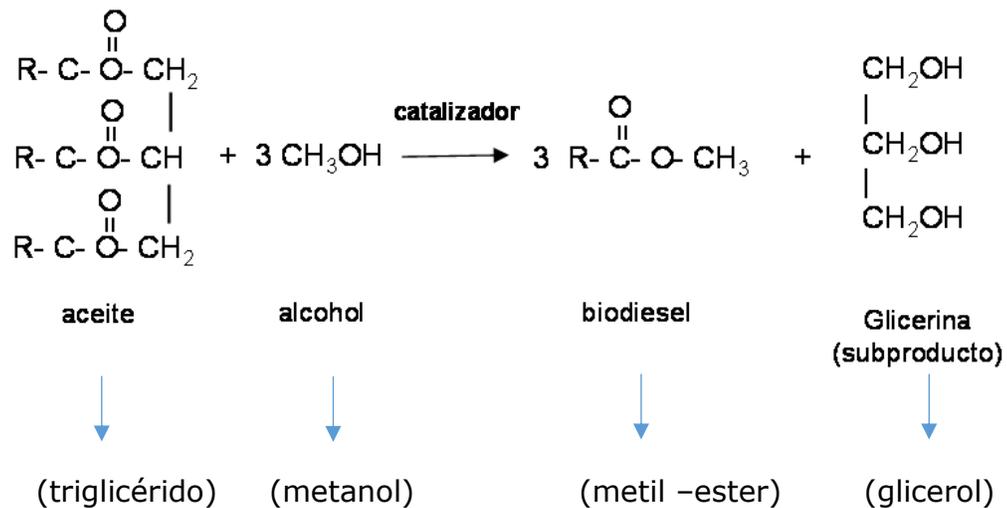
básicos (C, H, O), se calcula el peso molecular de la cadena. Multiplicando por el porcentaje de cada ácido graso libre en el aceite, se obtiene la fracción de peso del total de triglicéridos presentes en el aceite.

PM: (Peso molecular): 875 Kg/mol.

Grasas totales	%
Ácido palmítico	4
Ácido esteárico	1.8
Ácido araquídico	0.7
Ácido behénico	0.4
Ácido lignocérico	0.2
Ácido linoleico	20.3
Ácido linolénico	9.3
Ácido oleico	56.1
Ácido gadoleico	1.7
Ácido erúcico	0.6

Reacciones químicas involucradas

- Reacción química de transesterificación:

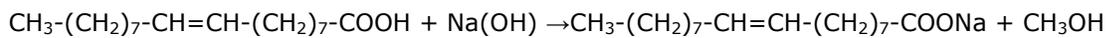


Catalizador: Na(OH) (hidróxido de sodio)

A continuación describiremos las reacciones indeseadas:

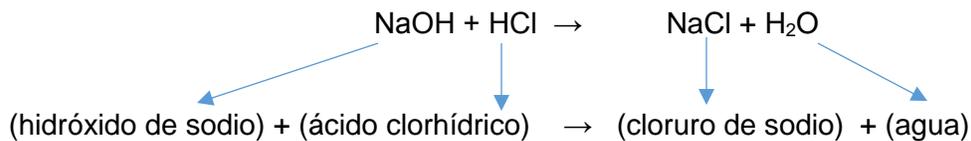


Formación de jabón y metanol a partir de ácido oleico y hidróxido de sodio:



(ácido-cis-9-octadecanoico) + (hidróxido de sodio) → (cis-9-heptadecanoato de sodio) + (metanol)

Reacción de neutralización ácido-base fuerte entre hidróxido de sodio y ácido clorhídrico:



Transesterificación y refinación del biodiesel

El aceite entra al primer reactor de esterificación RX-101, junto con la mezcla de metanol e hidróxido de sodio, como catalizador, que previamente fueron mezclados en el mixer MX-01 y pasados por el decantador D-1 para separar el metóxido de sodio del agua, este último se envía al tanque de depósito (Tk-05). La corriente de metanol se establece según la proporción 6:1 tomando en cuenta el consumo de 6 moles de metanol por mol de triglicérido convertido. La mezcla se deja en el reactor hasta obtener un rendimiento del 85% y se envía al decantador D-2. El catalizador convierte todos los ácidos grasos libres restante en jabones y metanol.

El decantador permite separar básicamente la glicerina de los esteres-triglicéridos. El flujo pesado que contiene toda la glicerina posee metanol, jabones y todo el hidróxido de sodio. El flujo liviano se obtiene por diferencia entre el flujo de entrada al decantador menos el flujo pesado.



El triglicérido que aún no ha reaccionado, reaccionará en el segundo reactor de transesterificación RX-102 con el metanol. En este caso, también el catalizador ingresa al reactor por medio de la corriente que deviene de RX-101.

El flujo de salida del reactor RX-102 contiene una conversión global del 99%. El resto de los triglicéridos reaccionó para formar éster, así que en el reactor permanece metanol, catalizador, jabones y glicerol estos últimos han de eliminarse en las corrientes sucesivas.

En el decantador D-3, la corriente más pesada contiene todo el glicerol y jabones (las proporciones están detalladas en el capítulo 9). Se calcula el flujo liviano restando el flujo de entrada al decantador menos el flujo pesado.

La corriente precedente del decantador D-3 ; ingresa a un flash de lavado-neutralizado, donde se inyecta agua caliente a 75°C y ácido clorhídrico para neutralizar todo el hidróxido de sodio que pudiera haber quedado libre. La corriente que sale del flash pasa a una centrifuga, CF-01 que permite eliminar la totalidad del metanol, el glicerol y los jabones, asegurándonos que la corriente de fase liviana (fase biodiesel), se encuentra lista para la última etapa que es el secado del biodiesel (extracción de agua) ; esta etapa se configura bajo el flash FL-1.

La corriente que ingresa al FL-1, se calienta hasta 107°C para facilitar la separación de las fases. El agua que sale del flash al encontrarse en fase vapor es enfriada, y luego es enviada a un mixer, MX-03 donde se mezcla con la corriente de metanol y glicerina, esta corriente ha sido rotulada en los capítulos anteriores como *fase pesada o fase de glicerina*; que es enviada a un flash



FL-02 adicionándole un aumento de temperatura para favorecer la separación entre el metanol y la fase pesada glicerina. El metanol es devuelto al tanque de almacenamiento, recuperándolo por completo para ser reutilizado (recuperación 35%).

Purificación del glicerol

Los flujos provenientes de los decantadores D-2, D-3 y de la centrifuga, ingresan al mixer MX-02. La corriente que sale de este mixer se mezcla con la corriente proveniente del flash FL-01 para poder ingresar en el flash FL-02, la corriente líquida que sale de este equipo pasa al decantador D-4 para ingresar a la columna rectificadora RC-01 para obtener una corriente de glicerina al 88%.

5.4.2. TRANSPORTE, MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.

Las materias primas e insumos llegan al predio en camión cisterna, los cuales realizan descarga hacia los tanques de almacenamiento mediante bombas centrífugas (sistemas de bombeo). Desde los tanques hacia los equipos de proceso de la materia prima (o insumos) circula a través de tuberías.

Los productos y subproductos del proceso: biodiesel, glicerol y los ácidos grasos libres, son enviados a sus respectivos tanques de almacenamiento por medio de los sistemas de bombeo.



5.4.3. LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y/O TRATAMIENTO, CON TIPIFICACIÓN Y CÁLCULOS DE RESIDUOS SÓLIDOS, SEMISÓLIDOS, EMISIONES GASEOSAS, EFLUENTES Y/O RESIDUOS LÍQUIDOS QUE SE ESPERAN GENERAR.

Residuos sólidos y semisólidos

En el proceso productivo no se generarán residuos especiales. Sólo se producirán:

- Residuos de oficina (papel, bolígrafo, etc)
- Residuos del comedor (envases de alimentos y bebidas , restos de comida)
- Residuos de limpieza de diversas instalaciones
- Residuos del área de mantenimiento (trapos, guantes de protección embebidos en aceites de máquinas y equipos; aceite de descarte)

Emisiones gaseosas y de material particulado a la atmósfera:

Las principales emisiones de gases son:

- Gases de combustión producidos por el equipo de generación de vapor de agua que alimenta a los intercambiadores de calor.
- Pequeñas emisiones de los tanques de almacenamiento (venteos); los principales compuestos volátiles almacenados son el metanol, el catalizador (hidróxido de sodio 30% P/P –peso en peso- en metanol) y el ácido clorhídrico (32 % P/P-peso en peso); las emisiones del resto de los tanques pueden considerarse despreciables ya que los compuestos almacenados no son volátiles.
- Emisión de material particulado y de gases de combustión debido a la circulación de camiones y vehículos tanto particulares como del personal de trabajo.

Efluentes líquidos

Los efluentes líquidos de la planta de biodiesel provienen de:

- Aguas retenidas en los recintos.
- Posibles derrames de aceite de equipos.

5.4.4. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO Y/O TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISÓLIDOS.



Los residuos sólidos generados por la Planta que fueron nombrados anteriormente (residuos de oficina, del comedor, de limpieza de las instalaciones y del área de mantenimiento) serán adecuadamente almacenados y clasificados hasta su entrega al tratador oficial, siendo el servicio de recolección de residuos de la Municipalidad de Avellaneda.

5.4.5 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EMISIONES GASEOSAS. NÚMERO DE FUENTES DE EMISIONES PREVISTAS.

Las fuentes de emisiones gaseosas previstas son cuatro: venteo de los tanques de almacenamiento de metanol, catalizador y ácido clorhídrico.

Para evitar las emisiones de vapores en los tanques de metanol, ácido clorhídrico y catalizador, dichos tanques contarán con venteos de presión/vacío los cuales juegan un papel importante en la reducción de las pérdidas de evaporación del producto y las emisiones fugitivas.

Los gases de combustión del equipo de generación de vapor tampoco se someten a tratamiento pero son contrarrestadas por medio de la plantación de árboles en el Parque Industrial. En este sentido, todo el parque está forestado. Anualmente se destina una partida de flora.

5.4.6. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO TRANSITORIO Y/O TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS.

Los efluentes líquidos que pudieran provenir de las aguas retenidas en los recintos y los derrames de aceite de los equipos serán canalizados a un tanque final por medio de sistemas de canalización. (Tk-08)



En la instalación existirá un único punto de vertido por el cual se descargarán todos los efluentes líquidos los cuales serán almacenados en tanque para su posterior tratamiento.

5.4.7. CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. RIESGOS ESPECÍFICOS DE LA ACTIVIDAD (RUIDOS, VIBRACIONES, ETC)

Los riesgos existentes en la Planta son los siguientes:

Riesgos químicos:

Debido al uso de metanol, el catalizador hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico. En el caso del metanol, el riesgo más importante es el de exposición y el de inhalación de sus vapores. La ingestión de metanol por vía oral puede plantear una amenaza seria a la vida humana. Una cantidad de metanol entre 30 y 120 ml puede causar fatalidades. La ingestión produce efectos similares al de la inhalación de vapores pero mayor severidad y velocidad en la aparición de los síntomas.

El contacto prolongado o repetido con la piel puede causar dermatitis.

Los riesgos químicos antes mencionados para el metanol también se aplican al catalizador hidróxido de sodio.

5.5.- MEDIDAS DE SEGURIDAD.

ASPECTOS TÉCNICOS A EVALUAR SEGÚN LEY PROVINCIAL 11.459/DECRETO REGLAMENTARIO 1.741/96

- RIESGO POR EMISIONES SONORAS
- RIESGOS DE FUGAS Y/O DERRAMES
- RIESGOS MECÁNICOS Y/O ELÉCTRICOS ACCIDENTES E INCIDENTES



La Planta contará con planes de evacuación para el personal y una adecuada distribución de extintores específicos para cada tipo de fuego. Además, el Parque cuenta con una estación de bomberos lo cual servirá de ayuda en caso de que exista un incendio, la dotación de bomberos es la que abastece al complejo industrial.

5.5.1. RIESGO POR EMISIONES SONORAS.

Son las debidas al funcionamiento de motores eléctricos. En el proceso el ruido se presenta en la cercanía de los sectores de bombeo y se presenta en forma continua. La exposición al ruido puede dar como consecuencia zumbidos de oídos temporal o permanente, tinnitus, paracusia o alteraciones de la percepción auditiva. Si el ruido presenta una mayor duración hay mayor riesgo de hipoacusia o disminución de la audición.

Nivel sonoro	Tiempo de Exposición
85 dBA	8 horas
88 dBA	4 horas
91 dBA	2 horas
94 dBA	1 hora
97 dBA	30 minutos
100 dBA	15 minutos

Fuente: Superintendencia de riesgos de trabajo (SRT)



Medidas de seguridad

El personal no deberá permanecer gran parte del tiempo en los sectores de emisión de ruidos, y deberán utilizar los protectores auditivos correspondientes. La emisión más fuerte sería el mantenimiento de equipos.

5.5.2. RIESGOS DE FUGAS Y/O DERRAMES:

Es posible que ocurran en los equipos y tuberías de proceso.

Medidas de seguridad

En el caso de que se derrame un líquido inflamable (antes mencionados) el objetivo debe ser evitar que se generen fuentes de ignición o una explosión. Los medios a poner en juego dependerá fundamentalmente de:

- Volumen de líquido derramado
- Lugar donde ha ocurrido el derrame.

Cuando el derrame del líquido ha sido pequeño, se puede absorber con arena seca u otros materiales inertes, teniendo en cuenta que se origina un sólido altamente inflamable, por lo que será cuidadosamente tratado y eliminado.(Se contrata empresas zonales Recovery SA.)

Para el caso de un derrame importante, se valorará el riesgo en función del lugar en que ha ocurrido y se pondrá en marcha un Plan de Emergencia preestablecido:

- Evacuación del personal
- Llamar al responsable o jefe de evacuación.
- Atender a los posibles afectados.



El objetivo inmediato será evitar que se genere un incendio o una explosión.

Para ello:

- Se evitará que el material inflamable continúe derramándose.
- Se tratará de eliminar todos los focos de ignición, para ello se apagarán todos los equipos e instrumentos presentes en el área.

5.5.3. RIESGOS MECÁNICOS Y/O ELÉCTRICOS

Debido a los equipos eléctricos: motores eléctricos, sistemas de control, cableados, etc.

Medidas de Seguridad

Se dará prioridad a la instalación eléctrica de la Planta para que no presente riesgos de contacto directo. Las instalaciones tendrán puestas a tierra, y el cableado, las luces, los sistemas de control, los interruptores etc., deberán ser de seguridad aumentada o antideflagrante.

Todos los trabajadores en el caso de que sea imprescindible realizar trabajos en tensión deberán utilizar los medios de protección adecuados, y los elementos de protección personal adecuados. Las reparaciones de equipos de trabajo e instalaciones eléctricas deberán ser llevadas a cabo exclusivamente por los técnicos mecánicos y/o técnicos eléctricos.



5.5.4. ACCIDENTES E INCIDENTES

Medidas de Seguridad

Se cumplirán las disposiciones de la Ley Nacional 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, a fin de evitar los accidentes e incidentes tanto durante la construcción de la instalación como durante las fases de funcionamiento. Esta Ley regula la prestación de dos servicios fundamentales:

- Medicina en el Trabajo
- Higiene y Seguridad en el Trabajo

Se realizará un análisis de riesgos para la determinación de los puntos que pudieran presentar una mayor potencialidad de provocar accidentes y/o incidentes.



6. MATRIZ DE IMPACTOS

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

- EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS
- MEDIDAS MITIGADORES DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS
- PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL
- PLAN DE CONTINGENCIAS

6.1 EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

La identificación de Impactos Ambientales se realiza mediante el cruce de las informaciones elaboradas en capítulos anteriores en relación al Proyecto (y sus acciones) y al medio sobre el cuál se produce.

Se establecerán una clasificación de los Impactos más importantes diferenciándolos de aquellos Impactos que no resulten relevantes para el desarrollo del estudio, con el objetivo de que no enmascaren los auténticos problemas ambientales que pueda ocasionar el Proyecto.

Desde el punto de vista metodológico, la valoración ha sido efectuada cualitativamente a partir de la Matriz de Impactos Causa-Efecto (también llamada Matriz de Leopold), donde cada casilla en la matriz nos da una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado. Una vez completada la matriz, en la esquina superior izquierda de cada casillera se califica de 1 a 10 la MAGNITUD (M) del impacto, donde 10 representa la máxima magnitud y 1 la mínima (el cero no es válido). Delante de cada calificación se coloca (-) si el impacto es negativo. En la esquina inferior, donde 10 representa la máxima importancia y 1 la mínima (el cero no es válido)



A continuación se identificarán los impactos del Proyecto de cada fase y los factores susceptibles de ser impactados.

6.1.1. ACCIONES IMPACTANTES

Fase de planificación y prefactibilidad

1. Empleo de mano de obra
2. Acciones socioeconómicas
3. Ocupación del suelo

Fase de preparación del terreno, construcción y montaje

1. Pavimentación
2. Construcción- edificación
3. Realización de infraestructuras
4. Instalaciones y obras de ingeniería
5. Pared perimetral
6. Emisiones de ruidos y vibraciones
7. Emisiones de gases y polvos
8. Transportes de materiales y equipos
9. Almacenamiento de materiales y equipos
10. Empleo de mano de obra
11. Presupuesto.

Fase de pruebas, puesta en marcha y funcionamiento

1. Utilización de infraestructura y servicios
2. Manipulación de productos químicos
3. Tráfico de vehículos
4. Almacenamiento de materias primas, insumos, productos y subproductos.
5. Emisión de ruidos y vibraciones.
6. Emisiones gaseosas, de polvos y olores.
7. Efluentes líquidos
8. Generación de residuos sólidos y semisólidos
9. Pérdidas de grasa/lubricantes
10. Derrames de productos químicos
11. Empleo de mano de obra.



12. Costo de funcionamiento.

Cambio de la operatoria o incremento de la producción

1. Incremento de la inversión
2. Utilización de infraestructuras y servicios
3. Manipulación de productos químicos.
4. Tráfico de vehículos
5. Almacenamiento de materias primas y productos
6. Emisión de ruidos y vibraciones
7. Emisiones gaseosas, de polvos y olores.
8. Efluentes líquidos
9. Generación de residuos sólidos y semisólidos.
10. Pérdidas de grasas/lubricantes
11. Derrame de productos químicos
12. Empleo de mano de obra

Fase de abandono

1. Desmontaje de las instalaciones
2. Almacenamiento de equipos y materiales desmontados
3. Transporte de materiales
4. Transporte de fluidos residuales
5. Tráfico de vehículos
6. Desempleo
7. Emisión de ruidos y vibraciones
8. Emisión de polvos
9. Inversión.

• **Factores ambientales afectados**

Medio Natural

Medio Inerte

1. Aire
2. Tierra y suelo
3. Agua superficial
4. Agua subterránea

Medio biótico



1. Flora
2. Fauna

Medio perceptual

1. Paisaje

Medio socioeconómico

Medio Social

1. Aspectos Humanos
2. Aspecto cultural

Medio económico

1. Usos del territorio
2. Infraestructuras
3. Economía y población.

6.2. MEDIDAS MITIGADORES DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS.

Esta sección tiene como objetivo definir y describir todas aquellas medidas tendientes a evitar, minimizar o corregir los impactos negativos identificados en el bloque anterior.

6.2.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO ATMOSFÉRICO

Para asegurar que los niveles de emisión de CO se mantengan debajo de los límites establecidos, el generador de vapor contará con quemadores de baja emisión de CO, lo cual garantizará una mezcla perfecta del aire de combustión con el gas natural de forma que se eliminen los picos de temperatura que dan lugar a la formación de CO.

Para compensar la generación de CO₂, por parte del generador, los camiones y vehículos particulares, se plantarán árboles en el predio. En este sentido el Parque Industrial ya cuenta con árboles y con un plan de forestación anual, lo cual nos ayuda a compensar aún más la generación de CO₂.



6.2.2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL SUELO Y LAS AGUAS

Carga y descarga de materias primas, insumos y productos.

Se establecerán los procedimientos formales y controles administrativos para todas las operaciones de carga, descarga y transferencia de aceite de canola, metanol, catalizador, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, biodiesel y glicerina.

Las fugas tienen una mayor probabilidad de ocurrir durante las operaciones de carga y descarga y transferencia de materiales, por lo que se establecerán prácticas de seguridad y procedimientos escritos de manejo para estas operaciones, que sean conocidos por todos los operarios implicados. Antes de manipular cualquier material, se verificará su etiquetado y se dispondrá de su hoja de especificación (información sobre aspectos de manejo, seguridad y actuación en caso de emergencia).

- **Mantenimiento preventivo**

Se llevará a cabo un mantenimiento preventivo consistente en la inspección y limpieza periódica de los equipos, incluyendo la lubricación, comprobación y reemplazo de piezas defectuosas. Se utilizarán hojas de instrucciones para los equipos. Las instrucciones de mantenimiento deben estar cerca de cada equipo y detallar sus características, funcionamiento óptimo y mantenimientos necesarios.

- **Tanques de almacenamiento**

Para evitar filtraciones en el suelo y aguas subterráneas, y para el cuidado general de los tanques se tomarán las siguientes medidas:

- Se instalarán alarmas para el caso de rebalse de los tanques de almacenamiento.



- Se instalarán válvulas de seguridad que incluyan sistemas de cierre
- En la parte superior de los tanques se dispondrá de un aliviadero de presión que permita la apertura automática de ésta en caso de sobrepresión
- Todos los tanques de almacenamiento contarán con una base de hormigón suficiente para evitar que afecte tanto al suelo como a las aguas subterráneas.
- Toda la superficie del recinto está impermeabilizada. Cada recinto dispondrá de un canal de recogida por posibles derrames y válvulas de drenaje normalmente cerradas, que solo serán abiertas para realizar el drenaje
- También se dispondrá en la zona de carga/descarga de camiones, de un canal receptor que deposite en un contenedor los posibles derrames o vertidos que puedan producirse en esta zona, que serán enviados a una planta de tratamiento externa.
- La solidez estructural de los tanques de almacenamiento serán controlados mediante inspecciones, las cuales incluirán los equipos conectados y la estructura de soporte. Una vez al mes se realizará la inspección detallada y se comprobará su estado físico y de manera más frecuente el metanol, catalizador y el ácido clorhídrico.
- Los tanques se utilizarán siguiendo las recomendaciones del fabricante, y sólo para los respectivos compuestos. De esta manera se disminuye la posibilidad de rotura de tanques, con las consiguientes fugas, y se evitan problemas de corrosión y ataque de materiales procedentes de un mal almacenamiento.
- Adecuado diseño de los drenajes

6.2.3. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS SONOROS

Dado que los niveles de ruido generados en el interior de la Planta durante su funcionamiento se verán disminuidos hacia el exterior por la propia estructura de las instalaciones, el mayor impacto sonoro será el relacionado con el aumento de tráfico pesado debido a los camiones de carga y descarga de materias primas, insumos y productos. Para minimizar este ruido se adoptarán las siguientes medidas:



- Se limitará la velocidad de tránsito de vehículos, control de las entradas y salidas de la Planta (5-10 km/h)

6.2.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL IMPACTO VISUAL

Durante el período de construcción se minimizará el impacto visual ocasionado por movimientos de tierras, almacenamiento de materiales, presencia de vehículos, máquinas, edificios provisionales, etc. Mediante el establecimiento de barreras visuales (vallado opaco) entre el medio (entorno) y las obras.

6.2.5. MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR IMPACTO SOCIAL

Durante el funcionamiento de la planta no debe obviarse el hecho de que una falta de comunicación por parte de los responsables del Proyecto puede ocasionar ciertas resistencias de la comunidad.

La necesidad de mantener una fluida comunicación con la comunidad hace necesario el establecimiento de un plan de comunicación externa.

(MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL)



6.2.6. MEDIDAS DE COMPENSATORIAS

(palear efectos ambientales negativos)

En base a los resultados que se obtuvieron en la Matriz de Impacto Ambiental, se puede ver que a pesar de la aplicación de las medidas correctoras, expuestas anteriormente, se obtiene un impacto final negativo sobre:

Impacto total: IM

Aire (IM = - 69)

Tierra y suelos (IM = - 102)

Agua superficial (IM=-33)

Agua subterránea (IM = - 54)

Flora (IM = - 71)

Fauna (IM = -75)

Paisaje (IM = - 49)

Usos del territorio (IM = - 61)

Infraestructura (IM=-26)

Para poder contrarrestar estos efectos adversos que provocara la instalación de la nueva planta de Biodiesel, se llevarán a cabo medidas de compensatorias/correctas, las cuáles producen impactos de índole positivos, los cuales son de una naturaleza distinta a que la del impacto que se compensa. Lo que se intenta es mantener la calidad ambiental del entorno lo más parecida a la inicial, mediante la suma algebraica de los impactos negativos y positivos, que coexisten, pero que en el conjunto del entorno pueden anularse total o parcialmente.



Una medida de índole socioeconómica es proponer que la gente empleada de la Planta pertenezca en su mayoría a la localidad de Dock Sud o del Partido de Avellaneda, posibilitando así el progreso de los habitantes del lugar.

Otra medida que se va a tomar, de carácter social, es la de impulsar un programa para que alumnos, tanto de nivel secundario como universitario, puedan acceder a charlas y una recorrida por la plata a fin de que se informen sobre las energías alternativas, como lo es la producción de biocombustibles, y se interioricen en la industria nacional.



6.3. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

6.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

6.3.1.1. OBJETIVO

El Programa de Monitoreo Ambiental a poner en práctica durante la fase de construcción y de funcionamiento tiene como objetivo controlar todos aquellos factores ambientales susceptibles de ser afectados por el funcionamiento del establecimiento, y las acciones impactantes generadas que puedan afectar dichos factores.

6.3.1.2. ALCANCE

En general se puede establecer que el presente Programa de Monitoreo Ambiental cubre los siguientes puntos:

- Seguimiento y control de las diferentes acciones a desarrollar durante la ejecución del proyecto, que incluye el período de construcción y funcionamiento.
- Seguimiento y control de cada uno de los factores afectados en un período variable (en función del tipo de factor a controlar).

6.3.1.3. MEDIOS DE REALIZACIÓN

Para asegurar la independencia en su puesta en práctica, este programa será llevado a cabo por una entidad independiente de todas las partes implicadas en la ejecución del Proyecto.

Los medios que aseguran la ejecución del programa se basan en:

- Medios humanos: Los labores de seguimiento durante las obras serán llevadas a cabo por graduados universitarios.



- Graduados universitarios con cursos de postgrado en Ingeniería Ambiental, de no menos de 500 horas de duración y desarrollados en Universidades estatales o privadas.
- El supervisor medioambiental contará con la colaboración sistemática de consultores expertos en cada una de las disciplinas de interés.
- Medios materiales: El equipo de monitoreo ambiental dispondrá de los medios necesarios para la ejecución de su trabajo: equipo fotográfico, sonómetro, recipiente de toma de muestra, etc.

6.3.1.4. EJECUCIÓN Y OPERACIÓN

La ejecución del Programa de Monitoreo Ambiental se corresponde cronológicamente con el siguiente desarrollo:

1. Puesta en punto de los medios de monitoreo y preparación de todo el material necesario para la realización del mismo (comprobación y calibración de aparatos, diseño de formato de registros, etc.)
 2. Recogida de datos, almacenamiento y clasificación sistemática de los mismos. Corre a cargo del Supervisor Ambiental.
 3. Interpretación de la información. En esta fase se estudiarán y evaluarán los datos obtenidos en la fase anterior, se evaluará el grado de aplicación de las medidas correctoras, se identificarán las fuentes de fallos o errores, etc.
 4. Retroalimentación. Esta contribuye a la fase de cambio y mejora del Programa. Aquí se decidirán las modificaciones del programa para conseguir la mayor eficiencia del mismo, ideará nuevas medidas correctoras para aplicar situaciones nuevas, etc.
- Además, en cada una de estas fases tendrá lugar la elaboración y gestión de la documentación asociada necesaria (registros, informes, etc.)

6.3.1.5. ELABORACIÓN Y GESTIÓN DE DOCUMENTOS

En este apartado se enumeran y describen los documentos que deberán ser elaborados en cada uno de los niveles de ejecución del Programa de Monitoreo Ambiental.



1) Archivo de medios materiales. Toda la documentación relativa a los medios materiales que se utilicen en la realización del programa, deberá ser recopilada sistemáticamente en un archivo específico. Resulta de especial relevancia la recopilación de las garantías, de la información técnica relativa al producto, de la periodicidad de la realización de las calibraciones o revisiones, de las prestaciones efectuadas, etc.

2) Diario Seguimiento Ambiental. Con el objeto de reflejar la eficacia y rendimiento de las medidas correctoras, se elaborará un Informe Anual de Medidas Correctoras. El Informe incluirá una propuesta de nuevas medidas correctoras en el caso de que se haya constatado la producción de alguno de estos supuestos:

Que se haya comprobado la insuficiencia de las medidas correctoras ya implantadas.

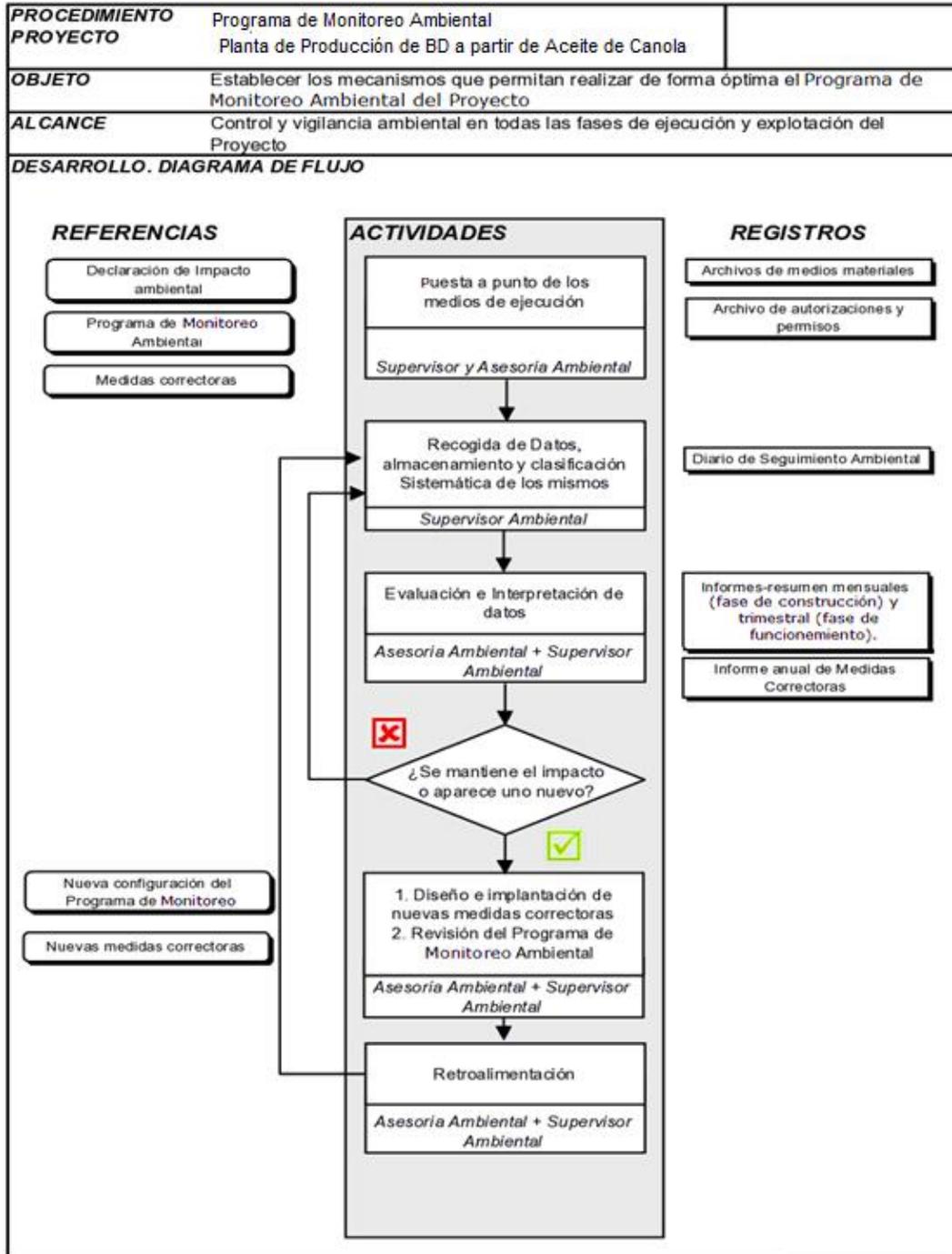
Que se hayan detectado nuevos impactos ambientales no previstos.

Que los avances tecnológicos producidos hasta la fecha permitan la aplicación de procedimientos de corrección más eficaces.



6.3.1.6. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

(cuadro sinóptico)





6.3.1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MONITOREO

Los controles y evaluaciones que constituyen el plan se recogen a continuación. Para cada elemento a controlar, se establece la finalidad, se fija la ubicación del control, la periodicidad, los medios, los valores límite a no sobrepasar y la normativa o reglamentaciones de aplicación. Las frecuencias establecidas serán adaptadas en el transcurso del seguimiento en función de los resultados que se vayan obteniendo.



Elemento del medio	Aspecto a controlar	Finalidad	Ubicación del control	Medio de control	Periodicidad y duración del control	Límites a no sobrepasar	Normativa o reglamentación aplicable	
1	Clima	Variables climáticas	Recopilación de variables climáticas para interpretar los datos de seguimiento de calidad de aire y calidad de agua	Estación Meteorológica Aeroparque Buenos Aires	Recopilación de los principales datos climáticos: velocidad y dirección del viento, precipitación, temperatura, presión atmosférica y humedad relativa.	Anual	-	-
2	Calidad del aire	Emisiones atmosféricas	Minimización de pérdidas por venteo	Tanques de almacenamiento	Balances de materia	Trimestral	Metanol: 200 ppm Ácido sulfúrico: 0,12 ppm	Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera. Decreto Regulación de emisiones gaseosas
3	Calidad del agua superficial	Vertido pluviales	Minimizar la concentración de carga contaminante en el efluente.	Punto a determinar	Análítica periódica de parámetros fisicoquímicos seleccionados	Bimensual	Establecido por la autorización de vertido de la Provincia de Buenos Aires	Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos cuerpos receptores de agua y a la atmósfera. Decreto: Regulación de parámetros de descarga de efluentes líquidos
4	Calidad de suelos.	Residuos	Verificar la adecuada gestión de los residuos producidos :generación, almacenamiento y recolección	Puntos de generación de residuos y puntos de almacenamientos (oficinas, comedor, mantenimiento)	Los que requiera cada tipo de residuo	Según la frecuencia de recolección	-	Ley N° 24051 y N° 11720
5	Ruidos	Ruidos durante el funcionamiento de la planta	Evitar molestias sonoras a la población	Puntos de mayor grado de afección potencial	Mediciones acústicas	Según las necesidades	Según el decreto 351/79 se admite 90dBA para una jornada de 8 horas	-
6	Agua	Agua subterránea	Verificar el estado del nivel freático y contaminación	Freatímetros de contingencia - centinelas	Análítica periódica de parámetros fisicoquímicos seleccionados	Semestral	-	-



6.4. PLAN DE CONTINGENCIAS

- **Protección contra incendios**

La planta contará con una adecuada distribución de extintores clase A, B, C.

(A: materiales sólidos; B: Líquidos inflamables; C: Eléctricos)

Dichas medidas fue explicada en el punto “Riesgos de la actividad y medidas de seguridad a implementar” mencionado con anterioridad.

- **Corte en el suministro de energía eléctrica**

La planta estará equipada con un grupo electrógeno que generará la energía necesaria para abastecer a los equipos del proceso (bombas, reactores, etc.) y las iluminaciones de emergencia hasta que se normalice el servicio en la planta.

- **Corte en el suministro de gas natural de red**

Para aquellos equipos que funcionen a gas natural (usado para generar vapor de agua) , en caso de corte del mismo o racionalización del mismo en determinadas épocas del año, se lo proveerá con fuel-oil hasta normalizada la situación.

- **Derrames no controlados**

Si llegaran a haber derrames no controlados de producto (biodiesel), materias primas (metanol, ácido clorhídrico, soda cáustica) en las operaciones de carga y descarga, se dispondrá de canalizaciones que descarguen dichos derrames en un tanque destinado para tal fin. Estas medidas fueron explicadas en el punto “Riesgos de la actividad y medidas de seguridad a implementar” citado anteriormente.



7. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En este estudio se considera que con la implementación de las medidas de seguridad tomadas y la aplicación de las medidas correctoras, los impactos producidos no alteran en forma considerable el medio donde se localiza la planta, ya que no se generan alteraciones permanentes en este.

Los impactos más importantes son los ocasionados por el derrame de metanol y ácido clorhídrico, de todas maneras esto se ve contemplado en las medidas de seguridad implementadas. Otro impacto de importancia es el de las emisiones sonoras provocadas por la entrada y salida de camiones de materias primas y producto, ya que aún con las medidas correctoras adoptadas, al ser un Parque Industrial y además linda con El Puerto de Dock Sud se puede decir que este impacto será insignificante en el entorno de la planta.

Concluimos que este proyecto es óptimo por la evaluación descripta en la Matriz de Leopold arrojando un panorama favorecedor.