



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

INGENIERÍA BÁSICA DE LA PRODUCCIÓN

DE BIODIESEL A PARTIR DE

ACEITE DE HIGUERILLA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A
RICARDO MONTES DE OCA FRANCISCO



MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente José Antonio Ortiz Ramírez
Vocal Euberto Hugo Flores Puebla
Secretario Alejandro Zanelli Trejo
1er. Suplente Manuel Miguel López Ramos
2º. Suplente Abraham Rodrigo Flores Ramos

SITIO EN DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Facultad de química

ASESOR DEL TEMA:

Ing. Jose Antonio Ortiz Ramírez

SUSTENTANTE:

Ricardo Montes de Oca Francisco

DEDICATORIAS

A mi madre Yolanda y a mi padre Francisco que por su apoyo constante e incondicional me impulsaron a lograr mis metas, quienes con su amor y confianza me dieron la fuerza necesaria para vencer los obstáculos día a día, gracias por la vida.

A mis hermanos Yolanda, Emma, Fernando y Francisco, quienes son pilares en mi vida, a ellos que han estado en las buenas, en las malas y en las peores, cada uno de ustedes me ha enseñado algo valioso y a cada uno de ustedes va dedicado este trabajo.

A la memoria de los que se fueron antes, por su gran apoyo en vida.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que tanto le debemos.

A la Facultad de Química.

Al jurado: Ing. Euberto Hugo Flores Puebla, Ing. Alejandro Zanelli Trejo, Ing. Manuel Miguel López Ramos, Ing. Abraham Rodrigo Flores Ramos, por sus valiosas aportaciones.

A mi director de Tesis el Ing. José Antonio Ortiz Ramírez, por su apoyo y dedicación en la realización de esta tesis.

A mis amigos Alejandra, Arturo, Beatriz, David, Elsa, Estela, Fabiola, Goretti, Janet, Jesús, Karla, Lorena, Mariana, Mercedes, Oscar, Paulina, Roberto, Sara, Zaine, por su apoyo y valiosa amistad.

A mis muchos compañeros de carrera quienes compartí valiosos momentos.

Gracias a quienes me apoyaron en algún momento de mi vida y no están en esta hoja pero sí en mi mente y corazón.

Y por supuesto al SICA2.

	Página
I Introducción	1
II Identificación de la problemática	3
III Objetivos	6
IV Antecedentes y Marco Teórico	7
Capítulo 1.- MATERIA PRIMA Y ANÁLISIS ECONÓMICO	
1.1 Materia Prima (Higuerilla)	15
1.2 Análisis del Mercado Nacional	18
1.3 Localización de la Planta	19
1.4 Análisis de Factibilidad	20
1.5 Análisis de sensibilidad	24
Capítulo 2 BASES DE DISEÑO	
2.1 Definición de la Capacidad de la Planta	26
2.2 Definición de las Especificaciones de las Cargas y Productos con Límites de Batería	27
2.3 Definición de Características Requeridas de Servicios Auxiliares	28
Capítulo 3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	
3.1 Descripción del proceso	30
3.2 Esquemas de Proceso	31
3.3 Diagrama de Flujo de Proceso	32
3.4 Lista de equipos con pre- dimensionamiento	33
3.5 Balance de Materia y Energía	34

Capítulo 4 Pre-dimensionamiento y costos de equipos

4.1 Contenedores	37
4.2 Mezcladores	39
4.3 Reactores	41
4.4 Decantadores	42
4.5 intercambiadores de calor	43

Capítulo 5 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

5.1 Diámetro de Tuberías	45
5.2 Esquema de tubería e instrumentación	46
5.3 Reactores	47
5.4 Tanques de almacenamiento	48
5.5 Mezcladores	48
5.6 Intercambiadores de Calor	49

Capítulo 6 LOCALIZACIÓN DE EQUIPO

6.1 Criterios	50
6.2 Diagrama de localización de equipo (a escala)	51

Análisis de resultados	52
-------------------------------	----

Conclusiones	57
---------------------	----

Bibliografía	60
---------------------	----

Apéndice I Tablas de bases de Diseño	65
---	----

Apéndice II Hojas de Datos de equipos	75
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Volumen de Exportaciones, Importaciones y producción de diesel Fósil	18
Tabla 2. Costos de materia Prima por unidad de biodiesel.	23
Tabla 3. Análisis de sensibilidad	24
Tabla 4. Resultados del análisis de sensibilidad	25
Tabla 5. Especificación de las alimentaciones	27
Tabla 6. Lista de equipos	33
Tabla 7. Balance de Materia y Energía	34
Tabla 8. Composición de las fases de separación de biodiesel y glicerina	42
Tabla 9. Diámetro de tuberías principales	45
Tabla10. Costo de Inversión: Plantas de gran capacidad	52
Tabla11. Superficie de riego sembrada y cosechada del estado de Veracruz	53
Tabla12. Importaciones de Diesel	54
Tabla13. Volumen y valor de la Importaciones de Diesel, periodo 2006-2007	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reservas de la producción mundial de petróleo ASPO	3
Figura 2. Reservas Mundiales de Petróleo 2030	4
Figura 3. Esquema de análisis económico de un planta química	11
Figura 4.-Proceso de Certificación de MDL	14
Figura 5. Gráfica del consumo aparente de diesel fósil en México (2003-2008)	19
Figura 6. Producción de Biodiesel a partir de una trans esterificación ácida	21
Figura 7. Proceso de obtención de Biodiesel con metanol supercrítico	22
Figura 8. Reacción de transesterificación de aceite Vegetal a metil ester	22
Figura 9. Localización de Planta	26

Figura 10. Esquema de proceso	31
Figura 11. Esquema de flujo de proceso	32
Figura 12. Contenedor de aceite vegetal	38
Figura 13. Contenedor de metanol	38
Figura 14. Contenedor de Hidróxido de Sodio	38
Figura 15. Contenedor de Ácido Sulfúrico	39
Figura 16. Contenedor de Metanol re circulado	39
Figura 17. Mezclador de aceite-catalizador M-201	39
Figura 18. Mezclador de Catalizador M-202	40
Figura 19. Mezclador de aceite-catalizador M-301	40
Figura 20. Tanque de Neutralización con Ácido Sulfúrico	40
Figura 21. Reactor PFR-201	41
Figura 22. Reactor PFR-301	41
Figura 23. Decantador de Biodiesel D-501	42
Figura 24. Intercambiador de Calor E-201 (Catalizador)	43
Figura 25. Condensador de Metanol E-401	44
Figura 26. Esquema de Tubería e Instrumentación	46
Figura 27. Operación y control de un reactor	47
Figura 28. Control de nivel de un contenedor	48
Figura 29. Control de nivel de un Mezclador	48
Figura 30. Control de un intercambiador de Calor	49
Figura 31. Esquema de Localización de equipo	51
Figura 32. Gráfica de crecimiento de la importación de diesel en México (2003-2008)	55

Introducción

La relación entre producción e importaciones de diesel en PEMEX es cada vez mayor, nuestro país se está volviendo deficitario en la producción de combustibles y es necesario cubrir esta demanda insatisfecha con productos mexicanos, pues estas importaciones son recursos que salen de nuestro país, según Petróleos mexicanos (PEMEX): “Como resultado, en 2008 las importaciones de gasolinas alcanzaron 340 mil barriles diarios, 42.5% del consumo nacional. Esto representa una erogación de 14,400 millones de dólares. También transferir entre 2,500 y 2,800 empleos permanentes a otros países”¹. PEMEX también anunció que aun con la construcción de la nueva refinería, la producción de gasolinas en el país sería menor a la demanda.

Debido al deterioro ambiental que está sufriendo nuestro planeta es necesario implementar cambios en nuestros recursos energéticos, para ello es necesario empezar a voltear hacia nuevas energías; una de estas es la obtenida por medio de biocombustibles, además de que es un hecho de que el petróleo es no renovable y cada vez se ve más mermada su producción; por ello tenemos que contribuir a la producción de biocombustibles.

Un combustible alternativo es el biodiesel, este puede ser obtenido de aceites vegetales y/o grasas animales y por diferentes métodos químicos, en este estudio se utilizará como materia prima al aceite de higuera con el método de transesterificación básica (hidróxido de sodio).

Se escogió como materia prima principal el aceite de higuera ya que esta semilla no necesita de condiciones especiales de cultivo para su producción además de ser una semilla que es utilizada en otros rubros en la industria, como aditivo de aceite de frenos, jabones, entre otros, cabe destacar que esta semilla no es utilizada como producto alimenticio.

Como ya se mencionó antes la higuera no necesita de condiciones especiales de cultivo, por lo que se pueden utilizar todas aquellas tierras en las que no son destinadas para productos alimenticios. Y con esto aumentar la

¹ PEMEX. 2007. PEMEX. [En línea] 2007. [Citado el: 25 de mayo de 2009]
http://www.pemex.com/files/content/capacidad_refinacion1.pdf.

Introducción

superficie sembrada y contribuir con la disminución de gases de efecto invernadero.

Con este estudio se muestra al biodiesel de higuera como un posible sustituto del diesel importado, para esto se presenta un estudio técnico-económico de la producción de biodiesel, del cual se obtendrá una inversión inicial y un precio del biocombustible.

Identificación de la problemática

1.- Producción de Petróleo a nivel Mundial

La producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en México en el mediano plazo, realizando acciones integrales, que deben incluir aspectos técnicos, económicos, ambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico.

Es claro que la producción de petróleo va a disminuir y por lo tanto la producción de combustibles fósiles; si bien es cierto que este panorama aun está lejos no es pretexto para quedarnos con los brazos cruzados, esperando a que nuestro destino nos alcance, el momento de actuar y generar un futuro prometedor para nuestros hijos depende de lo que hagamos hoy (figuras 1 y 2).

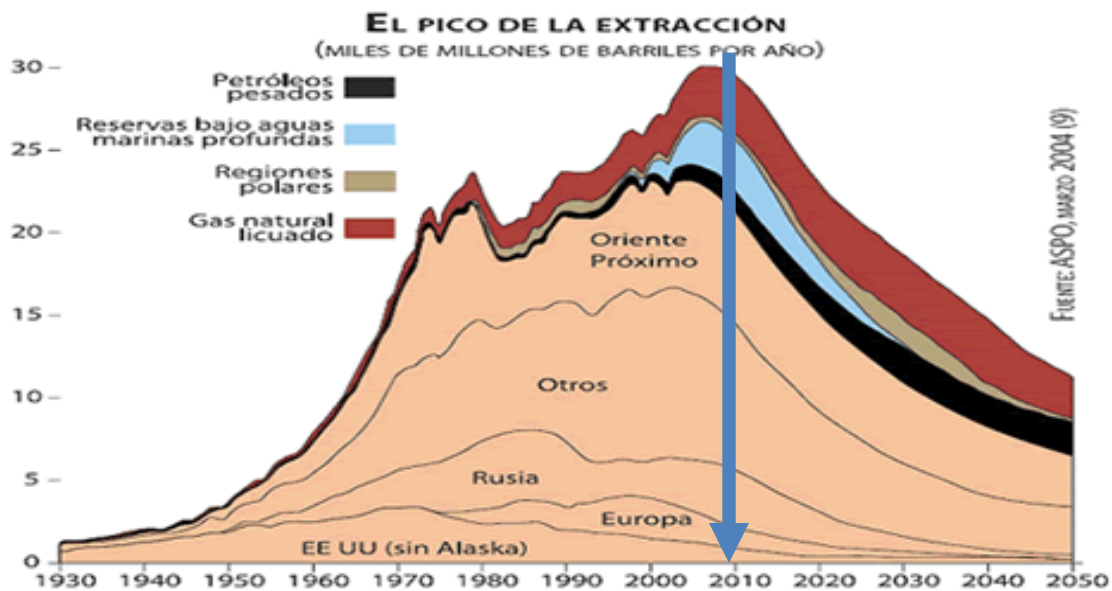


Figura 3: Gráfico de la producción mundial de petróleo según la Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo (ASPO).

Figura 1. Reservas de la producción mundial de petróleo 2050².

² ASPO, 2004 [En Línea] . [Citado el 10 de Noviembre de 2008]

http://www.crisisenergetica.org/staticpages/articulos_archivos/emacp_curvaaspo.gif

Identificación de la problemática

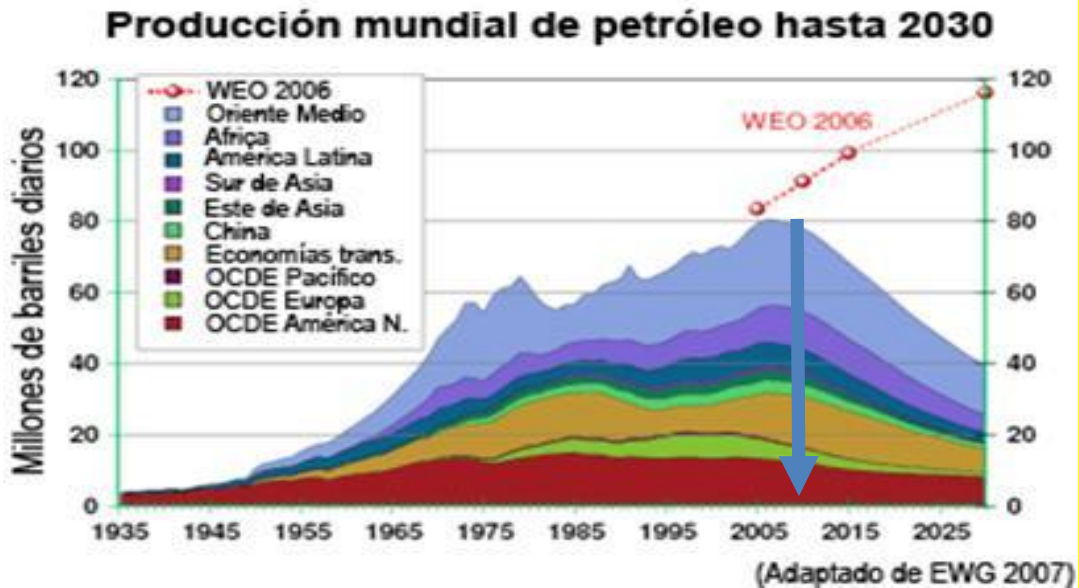


Figura 2. Reservas mundiales de petróleo 2030³.

Este es un panorama a nivel mundial y México no es la excepción, además de ser deficitarios en la producción de gasolinas para satisfacer la demanda nacional.

La introducción de biocombustibles es esencial para el desarrollo sustentable de la vida humana, pues estos se pueden obtener de casi cualquier materia prima vegetal y/o animal; además de “disminuir” la cantidad de contaminantes en la atmósfera. Se debe implementar un plan estratégico donde varios sectores salgan beneficiados económicamente, como lo son el sector agropecuario, de transporte, industrial, etc.

El ciclo de producción y el uso del Biodiesel reduce aproximadamente 100% las emisiones de dióxido de azufre, al ser un combustible libre de azufre. La combustión de una tonelada de Biodiesel disminuye en 2.5 toneladas de CO₂⁴ y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. El Biodiesel, por su ciclo de

³ EWG,2007 [En Línea] 2007.[Citado el: 11 de Noviembre de 2008]
http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.nodo50.org/tortuga/IMG/gif/ewg_oil_world.gif&imgrefurl=http://www.nodo50.org/tortuga/Energy-Watch-Group

⁴ SENER/BID/GTZ (Edit.),2006: Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México, México, D.F.; México, Noviembre 2006.

Identificación de la problemática

producción (sembrar, producir, quemar) proporciona reducciones en la acumulación de partículas de CO₂ y de monóxido de carbono, que el diesel de petróleo.

Los beneficios ambientales, sociales, económicos, justifican la planta misma, siendo todos estos aspectos, prioridades para el gobierno, además de que se empezaría a tener una independencia del petróleo, tanto energética como económica adaptándonos a un mejor futuro.

Objetivos

Objetivo general:

Presentar un análisis técnico-económico para la producción de biodiesel a partir de aceite de higuera.

Para lograr este objetivo es necesario:

- 1.- Analizar el mercado nacional en el consumo de Diesel.
- 2.- Analizar la materia prima (Aceite de Higuera)
- 3.- Hacer un análisis de sensibilidad de la planta de biodiesel.
- 4.-Elaborar un balance de materia y energía del proceso para poder determinar un pre-dimensionamiento de equipos y de esta manera poder proponer una localización de equipos, teniendo especificaciones de tuberías y equipos.

1.- Antecedentes

Este estudio sugiere una estrategia gradual de introducción del biodiesel en México. De manera inmediata, la introducción del biodiesel podría basarse sobre todo en el uso de materias primas de bajo costo como aceites y grasas recicladas. En el mediano plazo se requerirán esquemas de incentivos para la introducción del biodiesel de manera masiva a fin de permitir la sustitución de entre el 2% y 5%⁴ del diesel de petróleo después del 2012. Para lograr estas metas se necesita un plan de desarrollo del mercado de este combustible que contemple aspectos como: establecer de manera inmediata el marco legal –por ejemplo, una directiva de biodiesel con metas claras, estándares nacionales para este combustible e incentivos a la producción agrícola y comenzar a desarrollar una industria nacional de producción de biodiesel, incluyendo actividades de capacitación, de investigación y desarrollo. Asimismo, se necesita aumentar de manera muy significativa el área de cultivos oleaginosos, puesto que nuestro país no cubre actualmente ni siquiera la demanda de aceites comestibles.

Para llegar a sustituir un 5% del diesel de petróleo en el país será necesario instalar 10 plantas industriales con capacidad de 100.000 t/año cada una o más de 140 plantas pequeñas con capacidad de 5,000 t/año cada una. Para optimizar el suministro de los cultivos agrícolas, y reducir el costo de distribución de biodiesel y sus subproductos, las plantas de producción deben instalarse en las cercanías de refinerías o de las plantas productores de aceites vegetales⁵.

⁴ Idem

⁵ **Comisión nacional para el ahorro de energía (CONAE)**, Diciembre 2007, Vargas González Miguel: Dirección de ahorro de energía en el transporte: Biodiesel, México, 2007.

Orígenes del Biodiesel

Fue a partir de la invención del motor diesel por el ingeniero francés de origen alemán Rudolph Christian Carl Diesel (1858-1913) al final del siglo XIX que se vislumbró por primera vez la posibilidad del uso de los aceites vegetales como combustibles, mientras que fue durante las primeras décadas del siglo XX que el combustible diesel comenzó a producirse del petróleo, comenzando el boom del diesel y los derivados del petróleo, gracias a su abundancia y bajos precios de producción.

La primera patente de biodiesel obtenido con aceite vegetal y metanol fue depositada en Japón en la década de 1940, seguida de otras tres patentes norteamericanas en la década de 1950.

Definición de biodiesel (ASTM)

El biodiesel está compuesto de "ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales". Es decir, un combustible alternativo de combustión limpia hecho con grasa o aceite (como el de higuera o de palma) que se ha sometido a un proceso químico para extraerle la glicerina. El término biodiesel alude al combustible puro –denominado B100– que ha sido designado como combustible alternativo por los Departamentos de Energía y de Transporte de los EE.UU. El B100 puede usarse en estado puro, pero se usa con mayor frecuencia como aditivo para el combustible diesel convencional⁶.

2.- Marco teórico

La carrera de ingeniería química cuenta con una asignatura que es ingeniería de proyectos, esta asignatura integra los conocimientos de diferentes áreas de la ingeniería, tales como la ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería civil, ingeniería de procesos, ingenieros en tuberías e instrumentación, así como asignaturas como ingeniería económica, energéticas, procesos de separación, flujo de fluidos, intercambio de calor, selección y especificación de equipos, etc.

⁶ ASTM,1996-2009, [En línea]1996-2009.[Citado el: 26 de Octubre de 2008] <http://www.astm.org/>.

Antecedentes y Marco teórico

En ingeniería de proyectos se nos proporcionan las bases para la coordinación de todas estas ingenierías, con el fin de ver una planta química funcionando, para lograr este objetivo es indispensable tener en cuenta la relación entre dinero, tiempo y calidad.

Todo proyecto que se pretenda realizar debe hacerse guardando el equilibrio entre tiempo, dinero y calidad, no podemos realizar proyectos con un plazo muy largo ya que esto nos lleva a un mayor gasto, pero tampoco podemos comprometer la calidad del trabajo por minimizar costos, en conclusión todo se debe de hacer dentro de un margen ético profesional, a fin de lograr la mayor eficacia con la mejor eficiencia.

Los pasos resumidos a seguir para la elaboración de un proyecto industrial^{7 8}:

1.- Selección del proceso.

2.- Selección de la tecnología.

Si ya existe el proceso se busca y se contacta a los dueños de la tecnología. Si no existe un proceso desarrollado adecuado a nuestras necesidades, tendremos que desarrollarlo

Investigación y desarrollo de nuevos procesos

3.- Estudios de pre-inversión.

4.- Selección del lugar de ubicación del proyecto.

5.- Ingeniería básica.

Es la información tecnológica donde se establece la secuencia de modificaciones a la materia prima para su transformación a producto, la descripción del equipo y sus condiciones de operación.

⁷ Jiménez León L, 1994, Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso. Facultad de Química, UNAM, México (1994).

⁸ Vilbrandt, F.C., 1959, and Dryden, C.E., Chemical Engineering Plant Design, Mc Graw Hill, New York, (1959).

Antecedentes y Marco teórico

6.- Ingeniería de detalle.

Es la elaboración de la información necesaria para construir e instalar la planta.

7.- Adquisición de equipo y materiales.

Se adquieren de dos maneras:

Estándar: se busca en los catálogos.

No estándar: se manda a construir.

8.- Construcción.

Se lleva a cabo cuando la ingeniería de detalle lleva un 5% -10 %.

9.- Instalación de equipos y materiales

Simultáneamente a la construcción de edificios, se instala el equipo pesado, parte del sistema eléctrico y tuberías aéreas. Al finalizar la construcción e instalación de equipo pesado se procede a la instalación de accesorios, instrumentos y controles eléctricos.

10.- Prueba y arranque de la planta

Se lleva a cabo al haber concluido la construcción e instalación total de la planta, se verifica el correcto funcionamiento del proceso, se prueban todos los componentes de este.

Se arranca el proceso, se efectúan corridas con la materia prima para comprobar la calidad del producto.

En la evaluación económica es necesario conocer el mercado al cual se pretende introducir el producto, también se necesita estimar la inversión del proyecto y hacer un análisis de sensibilidad del mismo, el cual consiste en elaborar una tabla (como se muestra en la figura 3) en la que se debe de tener un balance de ingreso por ventas, costos de producción, depreciación, otros gastos, así como impuestos, etc., todo esto con el fin de obtener el flujo efectivo, y con

Antecedentes y Marco teórico

este poder calcular el PRC(Periodo de Recuperación del Capital), el VPN (valor presente neto) ,la TIR (tasa de interna de retorno), así como el Retorno sobre la inversión; como principales indicadores de viabilidad económica.

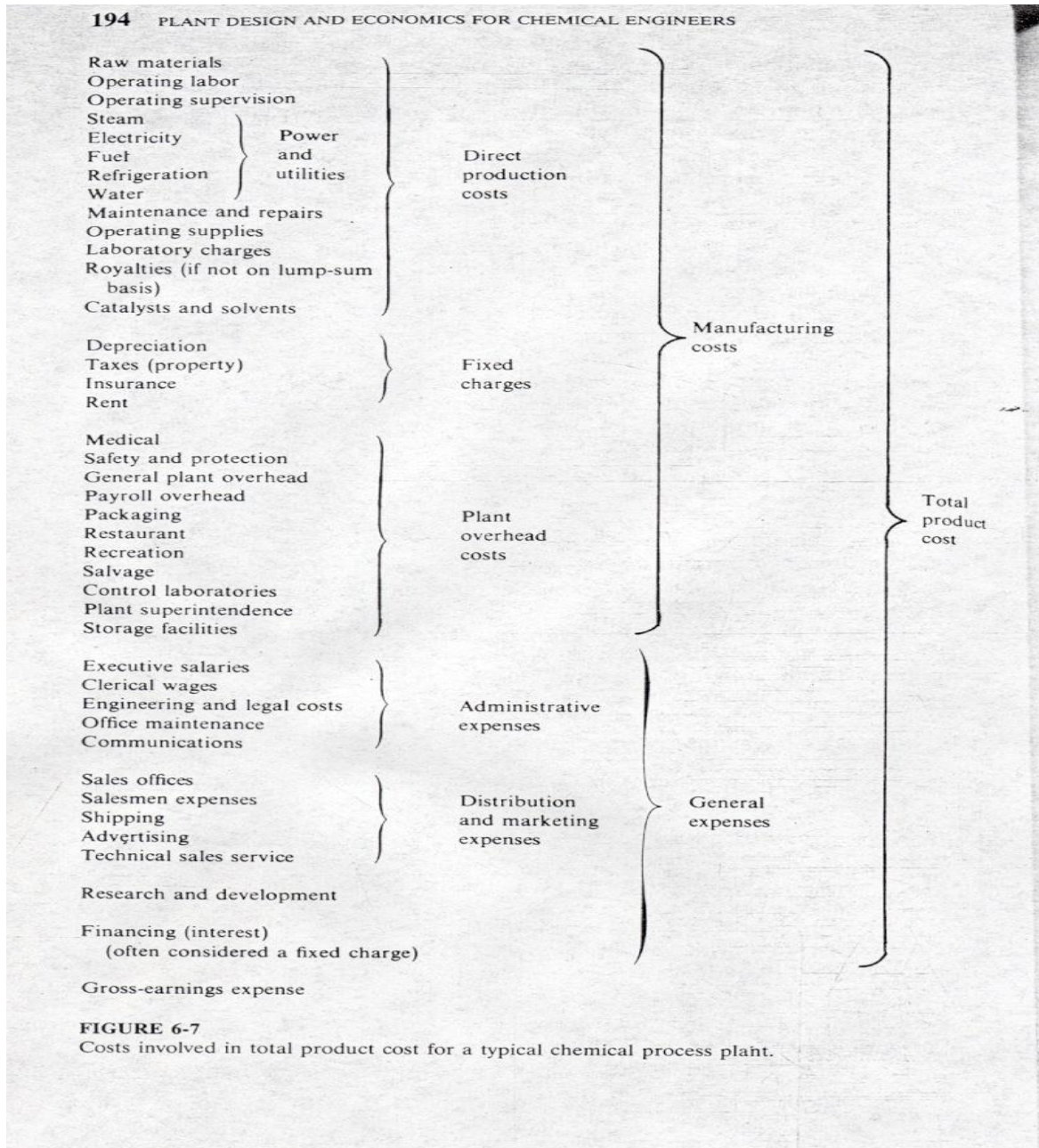


Figura 3. Esquema de análisis económico de una planta química⁹.

⁹ Lozano Ríos, 1985, L. Administración de Proyectos. Facultad de Química, UNAM, México.

Valor Presente Neto (VPN)

El VPN, es el flujo de efectivo traído a valor actual con una tasa de descuento, el VPN se calcula de la siguiente manera¹⁰.

$$VPN = -P + \sum_{n=1}^n \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Ecuación 1. Cálculo de VPN

Donde:

VPN= Valor presente neto.

P= inversión inicial en el año 0.

FNE_n= Flujo Neto de efectivo en el año n, corresponde a las ganancias después de impuestos.

i= Tasa de descuento.

n= periodo de tiempo

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que iguala la suma de flujo de efectivo a la inversión inicial, dando un valor de VPN=0.

También se tiene una tasa de descuento mínima o Tasa mínima aceptable de Rendimiento (TMAR), esta es la tasa mínima con la cual se puede evaluar un proyecto.

Para evaluar esta TMAR, se considera principalmente la tasa de inflación, mas un porcentaje de premio al riesgo.

TMAR= tasa de inflación + Premio al riesgo.

¹⁰ Baca, Urbina Gabriel, 2003, Fundamentos de ingeniería económica, Mc Graw Hill Interamericana 3ª ed., México D.F. 2003.

Periodo de Recuperación del Capital (PRC).

El PRC es el periodo de tiempo en el cual la suma de flujo de efectivo cubre la inversión inicial, este periodo se calcula sumando el flujo de efectivo de cada año hasta que suma sea igual o mayor a la inversión.

$$P \leq \sum_{n=1}^n FNE$$

Ecuación 2. Cálculo del PRC.

Retorno sobre la inversión

El ROI -por sus siglas en ingles-, es el porcentaje recuperado de la inversión de acuerdo al flujo de efectivo en un periodo de tiempo.

$$ROI \% = \frac{\text{inversion} - FNE}{\text{inversion}} * 100$$

FNE= flujo neto de efectivo

Depreciación

Un activo por su uso o por ser obsoleto al paso del tiempo, va perdiendo su valor monetario. Al final del periodo de vida útil del activo, se puede llegar a recuperar cierto capital, valor de salvamento.

La depreciación de un activo se puede calcular por el método de la línea recta:

$$\text{Depreciacion} = \frac{\text{inversion} - \text{valor de salvamento}}{\text{periodo de vida util}}$$

Calcular la depreciación de un activo es a menudo difícil, pero existen diferentes métodos para calcularla, como lo es: suma de los años, doble saldo decreciente, unidades producidas, siendo estos los más utilizados.

Mercado de Bonos de Carbono

Con los mecanismos flexibles en el Protocolo de Kyoto se da un valor económico al CO₂ y a los gases de efecto invernadero, con lo que se ha generado un mercado de bonos de carbono, en donde los países desarrollados pueden invertir en proyectos de países en vías de desarrollo, que certifiquen a partir de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), una reducción en emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes¹¹.

Mecanismos de Desarrollo Limpio

Es un proceso por el cual un país en vías de desarrollo puede certificar y vender un proyecto de reducción de emisiones de gases efecto invernadero, ante un país desarrollado o comprometido con el Protocolo de Kyoto, se puede ver un esquema general de dicho mecanismo en la figura 4.

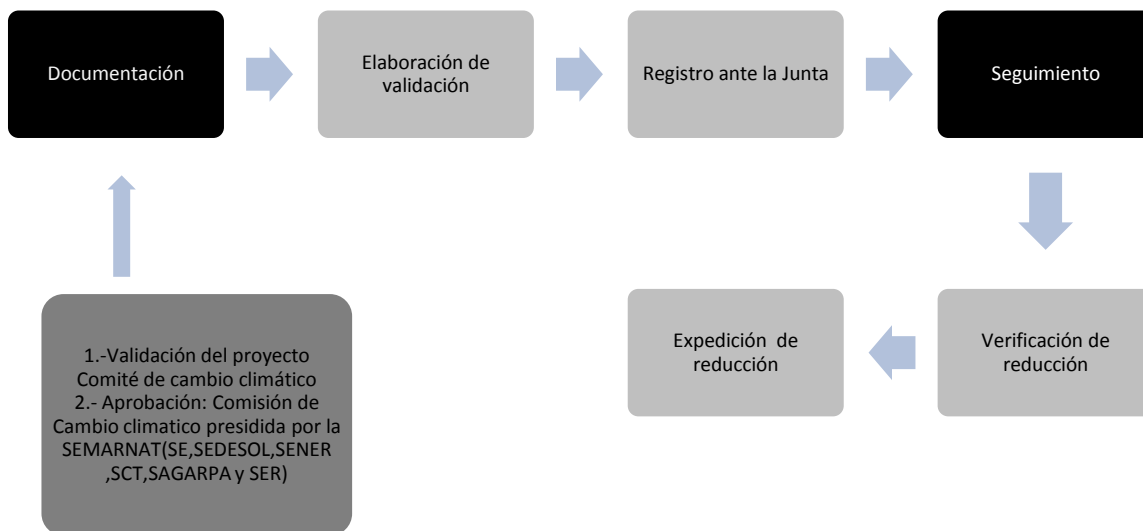


Figura 4. Proceso de certificación del MDL¹¹

¹¹ IMIQ,2007, Fernando Juarez Martinez, Maria Martha Palomino Ramirez, Mecanismo de Desarrollo Limpio :un Compromiso de Pemex Gas y Petroquímica Básica ante el Cambio Climático, Revista oficial del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos,2007,48(1-2),México.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

1.1 Materia prima

Higuerilla

Es una planta originaria de la antigua Abisinia (hoy Eioia), África, es anual, bianual o perenne, según la especie (*Ricinus communis*, *Ricinus persicus* y *Ricinus zanzibarensis*). Es de zona tropical o mediterránea y sensible al frío. Hoy entre los mayores productores se citan India, China y Brasil¹².

Otros Nombres: Alcherva, Castor, Catapucia Mayor, Cherva, Crotón, Higuera de Diablo, Higuereta, Higuerillo, Palma de Cristo, Piojo del Diablo, Querva, Tártago de Venezuela.

CULTIVO: Es considerado como planta anual cuando se lo encara comercialmente. La preparación del suelo con incorporación de materias orgánicas.

Se siembran entre tres y cuatro semillas en hoyos, con distancias de 0.75 por 1 metro en el caso de las variedades enanas anuales y con cosecha mecanizada; 1.5 x .5 m para el *Ricinus persicus*; entre seis y ocho kilogramos de semillas por hectárea; 2 x 2 m para el *Ricinus zaibarensis*. El mantenimiento se reduce a una o dos limpiezas al inicio del ciclo asociadas con la entresaca cuando la planta tenga 25 centímetros de altura¹³.

Investigaciones recientes y mejoras genéticas han permitido elevar de 24 a 48 % el contenido de aceite en la semilla del ricino, algunas de estas especies contienen hasta un 30% en base a su peso seco de “aceites totales” (llamados hidrocarburos o biocrudo).

¹² **CEIEGDRUS,2006.** Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica para el Desarrollo rural Sustentable, Boletín estadístico del sector agropecuario. México, Número 7 año 2 Agosto de 2006.

¹³ **Sotolongo,2000**[En línea] 2000.[Citado el: 2 de Diciembre de 2008]
<http://www.energia.inf.cu/eventos/memorias4/trabajos/Biodiesel.pdf>.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

Hoy se ha logrado también reducir la altura de la planta, que alcanzaba 3 m y dificultaba la cosecha manual y la mecanización. Ahora hay variedades de 1.7 m.

Composición: Arbusto de la familia de la euforbiáceas. En condiciones climáticas favorables, con un alto grado de humedad ambiental y calor adecuado puede alcanzar varios metros de altura. Su tallo de color púrpura, está muy ramificado. Las hojas son palmeadas y dentadas. Las flores aparecen como dentro de una cápsula floral, donde se alternan flores masculinas en su base y flores femeninas en la parte superior de dicha cápsula. Su fruto es una especie de globo rodeado de púas.

Recolección: Florece entre los meses de agosto y octubre. Para uso medicinal se cosechan las semillas entre octubre y noviembre; manual o mecánicamente. Se llevan al secadero y una vez secos totalmente, se pelan las semillas y se realiza el prensado para extraer su aceite.

Propiedades: Antiguamente, en Asia, el aceite extraído de las semillas era utilizado para la higiene corporal. Tienen un alcaloide muy tóxico (ricino). Para poder utilizar el aceite de ricino se elimina dicho alcaloide, hirviéndolo en agua. Una vez depurada su toxicidad ha sido muy utilizado como purgante o laxante, mezclándolo con otras bebidas.

Fertilización: Debe ser fuertemente fosfatada y deberá realizarse al momento o antes de la siembra, en una dosis de 80 unidades por hectárea. El ciclo varía de 150 a 250 días. Los rendimientos de cultivo puro varían de 600 a 1800 kg de semillas por hectárea; sin embargo, con un cultivo adecuado y bajo riego se puede sobrepasar un rendimiento de 4500 kg/ha.

Rendimiento / hectárea de oleaginosa = 1320 litros.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

El aceite de ricino tiene más de 100 usos industriales, incluyendo lubricantes, plásticos, jabones, líquidos hidráulicos y de frenos, pinturas, colorantes, barnices, tintas, plásticos resistentes al frío, barnices y ceras, nylon, productos farmacéuticos y perfumes.

Produce 1,5 toneladas de aceite y 2,5 toneladas de bagazo por hectárea.

Las semillas tienen alrededor del 40% de su peso en contenido de aceite.

El bagazo de semilla de ricino es un excelente fertilizante y pesticida natural.

Se da muy bien en tierras marginales, y por lo tanto no compite con el cultivo de alimentos y ofrece una solución viable para convertir tierras marginales en tierras económicamente productivas¹⁴.

Requiere bajos niveles de precipitación (700 mm promedio).

Absorbe CO₂ de la atmósfera.

Por lo tanto si queremos producir alrededor de 7,000 toneladas por año de biodiesel debemos de obtener alrededor de 7,300 toneladas de aceite (con un 96% de conversión) lo que lleva a 18,250 toneladas de semillas (tomando en cuenta un 40% de peso en aceite); por lo tanto si tomamos el promedio de semillas por hectárea 1.2 ton/ha, tenemos una superficie de 15,200 hectáreas. Esta superficie puede disminuir haciendo un mejor estudio del tipo de semilla y aumentar la eficiencia de siembra, para llegar a las 4 ton/ha; si tuviéramos esta eficiencia de producción necesitaríamos una superficie de alrededor de 4,600 hectáreas.

¹⁴ CONABIO, s.f., [En línea] s.f. [Citado el 29 de noviembre de 2008]

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinuscommunis/fichas/ficha5>.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

1.2 Análisis del Mercado Nacional

En México la producción y distribución de energéticos de cualquier origen está a cargo del gobierno federal, a través de la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX). Por lo cual este análisis de mercado está hecho fundamentalmente sobre las importaciones de biodiesel de PEMEX, las cuales pueden ser reemplazadas por biodiesel.

Tabla 1. Volumen de Exportaciones, Importaciones y Producción de Diesel Fósil¹⁵
(miles de barriles diarios)

Año	Producción	Exportaciones	Importaciones	Consumo Aparente
2003	307.8	2.9	3.9	308.8
2004	324.7	7.7	2.9	319.9
2005	318.2	0.8	21.4	338.8
2006	328.1	2.5	40.5	366.1
2007	334	8.8	52.7	377.9
2008	352	13.4	59.9	398.5
Proyección del Consumo Aparente				
Año	Proyección lineal		Proyección exponencial	
2009	417.094		428	
2010	435.66		452	
2011	454.226		476	
2012	472.792		502	
2013	491.358		529	
2014	509.924		558	
2015	528.49		588	

¹⁵ **PEMEX,2008.**[En línea]2008. [Citado el 5 de Noviembre del 2008]
http://www.pemex.com/files/dcpe/petro/eimporpetro_esp.pdf.

Como se observa en la tabla 1, tenemos un déficit de producción de biodiesel ya que nuestra demanda está insatisfecha, en los últimos años las importaciones de diesel han crecido de un 2% a un 15 % con respecto a nuestro consumo aparente, como se muestra en la figura 5, con estas cifras, podemos decidir que sustituir las importaciones de diesel es un buen mercado para la introducción de biodiesel.

En la figura 5 se observa el crecimiento del consumo aparente del diesel en nuestro país, a una proyección de 7 años (2008-2015).

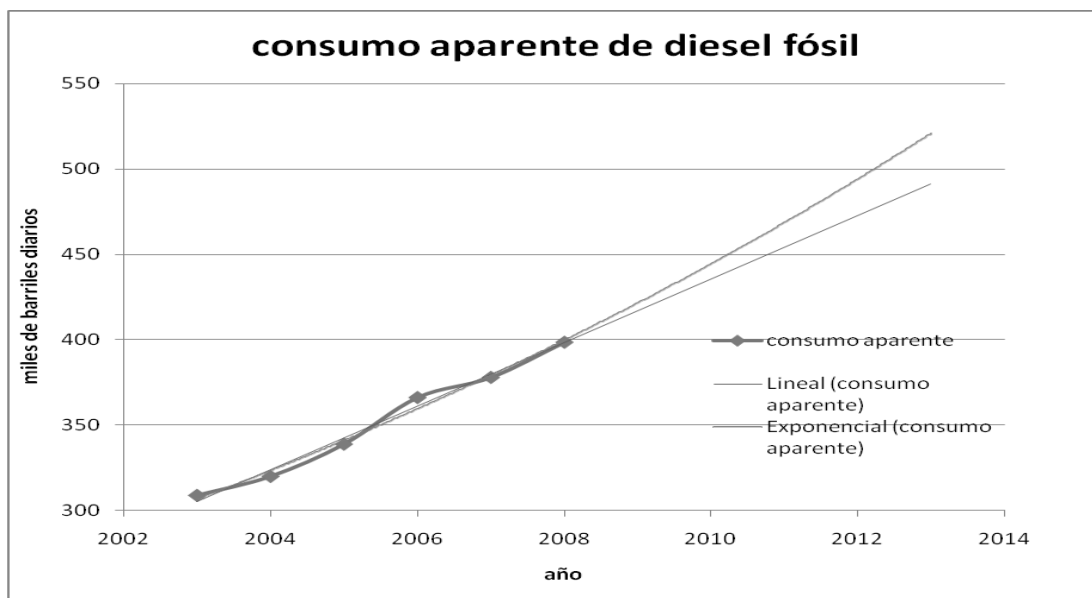


Figura 5. Gráfica del Consumo aparente de diesel fósil en México (2003-2008) y proyecciones lineales y exponenciales.

1.3 Localización de la Planta

VERACRUZ CORDOBA-AMATLAN (PARQUE INDUSTRIAL CORDOBA)

El Estado de Veracruz es una región rica en recursos naturales, y posee de un clima idóneo para la siembra de la semilla de higuierilla, dada a las condiciones ya explicadas en la sección de materia prima.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

Disponibilidad Mano de Obra

Para el mismo año, 12.9% de la población de 15 años y más no logró incorporarse al Sistema Educativo Nacional; 19.6% tenía primaria incompleta; 17.7% logró concluir la primaria; 21.8% tuvo al menos un grado aprobado en secundaria o en estudios técnicos o comerciales; 15.3% aprobó algún grado en bachillerato o equivalente; y 11.6% alguno en estudios superiores.

Considerando el tamaño de la unidad económica donde laboró la población ocupada y tomando en cuenta sólo al ámbito no agropecuario (que abarca a 2 millones de personas), 1.1 millones (52.5%) se ocuparon en micro negocios; 296 mil en establecimientos pequeños (14.5%); 269 mil en grandes establecimientos (13.2%); 136 mil en medianos (6.7%); 112 mil ocuparon puestos de gobierno (5.5%); y 155 mil (7.6%) se emplearon en otro tipo de unidad económica¹⁶.

Los combustibles en México son del fuero federal, por lo tanto un particular no puede lucrar con estos, con esto tenemos que la distribución y administración de la planta de biodiesel debe ser hecha por la paraestatal PEMEX.

1.4 Análisis de Factibilidad

Catálisis Ácida

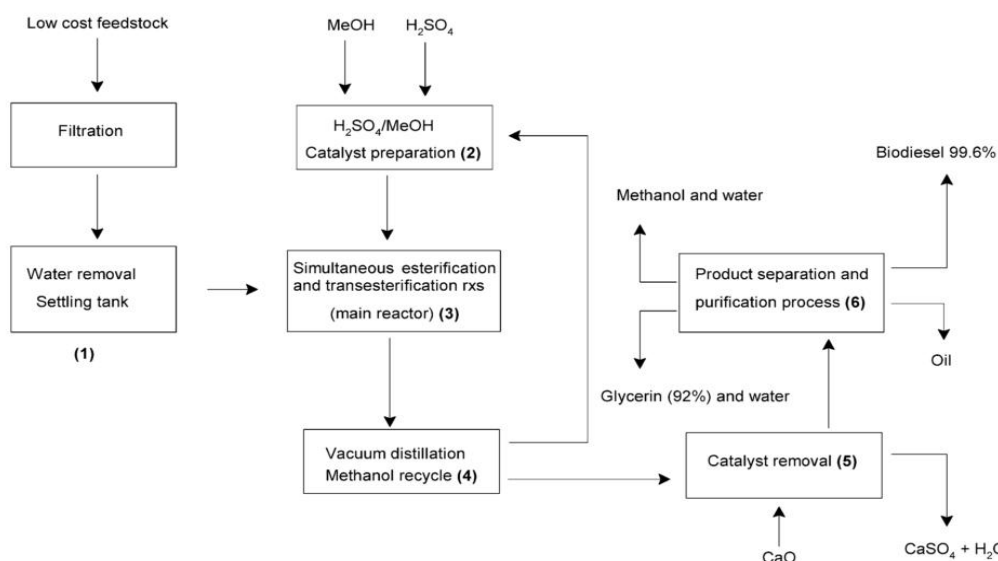
En la trans-esterificación ácida en vez de utilizar un catalizador básico como lo es el hidróxido de sodio, se utiliza un ácido, en este caso Ácido sulfúrico (Loter, 2005)¹⁷, el proceso por el que se lleva a cabo es similar a una trans-esterificación básica, como se ve en la figura 6, en la cual se tiene como corriente de alimentación aceite o grasas a reciclar, la reacción se lleva mezclando el metanol y el ácido sulfúrico antes para después llevar esta mezcla al reactor, el excedente de metanol se recicla y se neutraliza el ácido con Óxido de Calcio.

¹⁶ INEGI, 2008, INEGI [En línea] 2008. [Citado el :16 de Noviembre de 2008] <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>

¹⁷ Lotero Edgar, 2005, Yijun Liu, Dora E. López, Kaewta Suwannakarn, David A. Bruce & James G. Goodwin, Jr., *Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis*, Sur de Carolina, EU. Ind. Eng. Chem. Res., 2005, 44, 5353-5363.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

La reacción ocurre en un rango de temperatura de 70°C -117 °C, cuando se lleva a cabo a una temperatura, con un tiempo de reacción de 20 – 3 horas respectivamente, a una temperatura de 240°C, con 1.7% en peso de ácido sulfúrico, con una presión de 70 bar se alcanza una conversión de 90% en 15 minutos¹⁸. El principal problema con este proceso es que es la temperatura de reacción es alta y con un tiempo de conversión a aun mayor, lo que nos lleva a mayores gastos de operación.



Simplified BFD of the acid-catalyzed process. The diagram includes the following: feedstock pretreatment (1), catalyst preparation (2), transesterification and esterification (3), alcohol recycle (4), acid catalyst removal (5), and biodiesel separation and purification process (6).

Figura 6. Producción de Biodiesel a partir de una Trans-esterificación Ácida¹⁷.

Biodiesel con alcohol supercrítico.

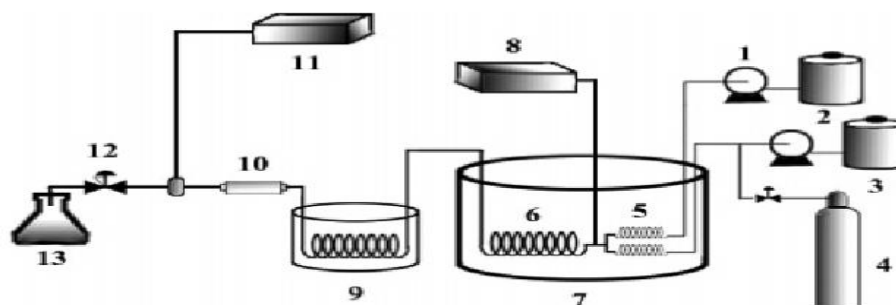
Este proceso se lleva a cabo sin catalizador y utilizando metanol a una temperatura de 350 °C y a una presión de 19 MPa, primero se llevan los reactivos a la temperatura y presión de reacción, se enfrían y se filtran, el metanol excedente se evapora reduciendo la presión, obteniendo una conversión de 96%,

¹⁸ Khan, A.K. Research into Biodiesel Kinetics & catalyst development, University of Queensland, Brisbane, Queensland, 2002.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

con una relación molar de metanol de 1:42, se obtiene un tiempo de reacción de 400 segundos (6 minutos)¹⁹.

El tiempo de reacción es muy corto, lo cual es bueno, y la conversión de la reacción es alta, sin embargo para lograr estos resultados es necesario invertir una gran cantidad de energía en calentar los reactivos, la presión es muy alta lo que nos llevaría a una fuerte inversión en equipos y tubería que soporten altas presiones.



Schematic diagram of the continuous transesterification reactor system. 1. High-pressure pumps, 2. methanol reservoir, 3. vegetable oil reservoir, 4. nitrogen cylinder, 5. preheaters, 6. reactor, 7. salt bath, 8. temperature monitoring system, 9. cooling bath, 10. inline filter, 11. pressure monitoring system, 12. back pressure regulator, and 13. sample collector.

Figura 7. Proceso de obtención de Biodiesel con metanol supercrítico¹⁹.

Análisis de la Ruta Química

La producción de biodiesel se realizará por medio de una trans-esterificación básica (Hidróxido de Sodio), utilizando como materia prima el aceite de Higuierilla.

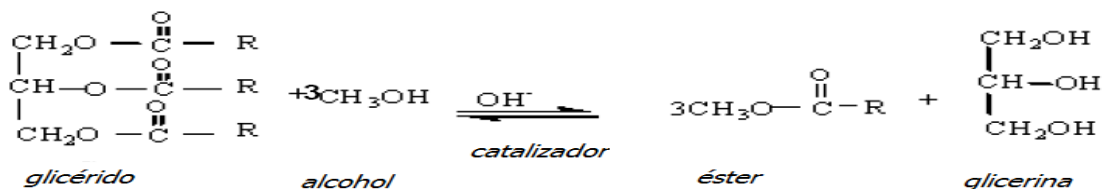


Figura 8. Reacción de transesterificación de aceite vegetal a metil ester (biodiesel).

¹⁹ Kunchana Bunyakiat, 2006, Sukunya Makmee, Ruengwit Sawangkeaw & Somkiat Ngamprasertsith, *Continuos Production of Biodiesel via Transesterification from Vegetable Oils in Supercritical Methanol*, Tailandia, Energy & Fuels, 2006, 20, 812-817.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

Se considera que estequiométricamente la reacción producirá una cantidad de glicerina la cuál se aprovechará al máximo en el análisis de sensibilidad.

Producto (x)	\$/g (x)	g/mol(X)	mol(x)/3mol biodiesel	g(x)/mol biodiesel	g(x)/3*PM biodiesel	\$/g biodiesel	\$/Kg biodiesel
Aceite	0.007	292.00	1.00	292.00	0.33	0.0024	2.37
Metanol	0.005	32.00	3.00	96.00	0.11	0.0005	0.54
Biodiesel	0.011	296.00	3.00	888.00	1.00	0.0112	11.33
Glicerina	0.032	92.10	1.00	92.10	0.10	0.0033	3.32
NaOH	0.006	40.00	0.90	36.00	0.04	0.0003	0.26

Tabla 2. Costos de materia prima por unidad de biodiesel.

Utilidad bruta = (costo de productos- costo de reactivos)=10.7

Relación = (costo de reactivos/costo de productos) =0.27

Como podemos observar nuestra reacción en si tiene una utilidad positiva y una relación de costo de materia prima y costo de productos, muy pequeña, lo que nos indica que la reacción es económicamente factible. Además de llevarse a cabo a una temperatura de 65 °C con una conversión del 96%, con un tiempo de reacción de 15 minutos^{20 21}.

Las otras rutas eran eficaces pero no eficientes se tenían que emplear más recursos energéticos y por las presiones que manejaban una mayor inversión en equipos.

²⁰ Simoni M. Plantz Meneghetti, 2006, Mario R. Meneghetti, Carlos R. Wolf, Eid C Silva, Gilvan E. S. Lima, Laelson de Lira Silva, Tatiana M. Serra, Fernanda Cauduro & Lenise G. de Oliveira, *Biodiesel from Castor Oil: A comparison of Ethanolysis versus Methanolysis*, Brasil, Energy & Fuels, 2006, 20, 2262-2265.

²¹ Simoni M. Plantz Meneghetti, 2007, Mario R. Meneghetti, Tatiana M. Serra, Daniela C. Barbosa, & Carlos R. Wolf, *Biodiesel Production from Vegetable Oil Mixtures: Cottonseed, Soybean, and Castor Oils*, Brasil, Energy & Fuels 2007, 21, 3746-3647

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

1.5 Análisis de sensibilidad

Este análisis es general de nuestra planta, el cual nos indica cual es nuestro VPN, TRI, ROI, lo cual nos permitirá continuar con la inversión en este proyecto.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Ventas totales biodiesel toneladas	5,000	5,250	5,512	5,788	6,077	6,381	6,700	7,035
Ventas totales glicerina toneladas	1,600	1,680	1,764	1,852	1,944	2,042	2,144	2,251
Precio de venta glicerina (miles\$/ton)	\$3.32	\$3.32	\$3.32	\$3.32	\$3.32	\$3.32	\$3.32	\$3.32
Precio de venta biodiesel (miles\$/ton)	\$11.33	\$11.33	\$11.33	\$11.33	\$11.33	\$11.33	\$11.33	\$11.33
Ingreso por ventas \$ millones de pesos	\$61.96	\$65.06	\$68.31	\$71.73	\$75.31	\$79.08	\$83.03	\$87.18
Materia prima	\$20.56	\$21.59	\$22.67	\$23.80	\$24.99	\$26.24	\$27.56	\$28.93
M.O. directa	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20
S.Auxiliares	\$9.29	\$9.76	\$10.25	\$10.76	\$11.30	\$11.86	\$12.45	\$13.08
Costo de producción	\$36.05	\$37.55	\$39.11	\$40.76	\$42.49	\$44.30	\$46.21	\$48.21
Utilidad bruta	\$25.91	\$27.51	\$29.20	\$30.97	\$32.83	\$34.78	\$36.82	\$38.98
Gastos de venta	\$3.72	\$3.72	\$3.72	\$3.72	\$3.72	\$3.72	\$3.72	\$3.72
Gastos Admon.	\$1.86	\$1.86	\$1.86	\$1.86	\$1.86	\$1.86	\$1.86	\$1.86
Gastos Mnnto.	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20	\$6.20
Depreciación	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34
Utilidad neta	\$7.80	\$9.40	\$11.09	\$12.86	\$14.72	\$16.67	\$18.72	\$20.87
ISR (34%) ⁱ	\$2.65	\$3.20	\$3.77	\$4.37	\$5.00	\$5.67	\$6.36	\$7.09
PTU (10%) ⁱⁱ	\$0.78	\$0.94	\$1.11	\$1.29	\$1.47	\$1.67	\$1.87	\$2.09
Ut. Despues de. Imptos.	\$4.37	\$5.27	\$6.21	\$7.20	\$8.24	\$9.33	\$10.48	\$11.69
Depreciación	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34	\$6.34
Flujo efectivo en millones de pesos	\$10.70	\$11.60	\$12.55	\$13.54	\$14.58	\$15.67	\$16.82	\$18.02
Inversión en año 0 (millones de pesos)	\$50.69		TIR (Tasa de Interna de Rendimiento)		20%		Total de efectivo (8 años)	\$113.47
							Promedio de flujo	\$14.18

Tabla 3. Análisis de sensibilidad, en millones de pesos.

Capítulo 1.- Materia Prima y Análisis Económico

Como podemos ver en la tabla 4 con una suma de flujo de efectivo y de acuerdo a una inversión de alrededor de 50.69 millones de pesos obtenemos tiempo de recuperación de cinco años. Dejando pendiente un posible beneficio económico por la incorporación del proyecto al mercado de bonos de carbono.

Inversión (millones de pesos)	\$50.689
Suma de Flujo de efectivo en 5 años (millones de Pesos)	\$62.97
Periodo de Recuperación del capital (años)	5
Tasa Interna Rendimiento(TIR)	20%
VPN (Valor Presente Neto) con una tasa del 15%	\$60.30 millones de pesos
Retorno de la inversión (ROI) %	18.97

Tabla 4. Resultados del análisis de sensibilidad.

La tasa calculada para el valor presente neto, fue calculada a partir de un 7 de inflación más un 8% de premiación al riesgo dándonos un 15 % de tasa mínima aceptable de rendimiento.

ⁱ ISR = Impuesto Sobre la Renta, del 34% calculado al 2008

ⁱⁱ PTU= Participación de los Trabajadores en las utilidades

Capítulo 2.- Bases de Diseño

2.1 Capacidad de la planta

Se visualiza construir la planta de biodiesel en el parque industrial de Córdoba-Amatlán, Veracruz, se escogió este parque por la ubicación, ya que cuenta con accesos a carreteras federales y está cerca de zonas de cultivo, además que el clima del estado favorece el cultivo de higuera por lo que se podría tener una ventaja en cuanto al consumo de agua y demás materias para favorecer al cultivo.



Figura 9. Localización de la planta

Se empezará con una producción de alrededor 5000 ton/año de biodiesel teniendo un factor de sobre diseño de 1.4, esto es en base al informe de la secretaria de energía: con la calidad requerida por el consumidor del producto y las normas establecidas como requisito para dar continuación a la compra-venta de producto entre cliente y la planta de biodiesel. Nuestra materia prima, siendo aceite vegetal de higuera, metanol e hidróxido de sodio.

Capítulo 2.- Bases de Diseño

2.2 Definición de las Especificaciones de las Cargas y Productos con Límites de Batería

1. Capacidad, Rendimiento y Flexibilidad

Esta planta contará con un factor de servicio de 0.9 con lo que tendremos 329 días al año de operación los días restantes se destinarán para el mantenimiento y otras obras que se tengan o deseen realizar a la planta.

La reacción de neutralización se especificó en un 100% de conversión para que todo el hidróxido se convierta en la sal de sodio correspondiente, (Na_2SO_4), con un exceso de ácido del 2%.

La planta si debe seguir operando bajo condiciones de falla de la electricidad, por lo tanto se requiere de un subestación, la cual esta fuera de nuestros límites de batería.

El proceso no requiere de una sección de acondicionamiento de materias primas, estas deben de tener la pureza requerida en los límites de batería, pero sí de acondicionamiento de productos, principalmente biodiesel.

Se van a manejar los diseños de equipos más un factor de sobre diseño de 1.4 veces de acuerdo, flujos y cargas.

Se planean ampliaciones futuras de acuerdo a la demanda de biodiesel, por lo que en la localización de equipo se destinara una superficie extra para la eventual colocación de algunos equipos.

En la tabla 5 podemos observar las condiciones en las que deben ingresar las materias primas al proceso.

Alimentación	Componente	Edo. físico	Pureza
1	Aceite vegetal	Líquido	100
2	Metanol	Líquido	100
3	NaOH	Sólido	100
4	H_2SO_4	Líquido	100

Tabla 5. Especificación de las alimentaciones

Capítulo 2.- Bases de Diseño

En el apéndice I se observan las condiciones en límites de batería de materias primas y productos, se especifican la temperatura, presión, estado físico en el cual se encuentra cada una de las sustancias, al igual que el flujo másico de cada especie química.

En las bases de diseño a especificar tenemos las condiciones en límites de batería tanto de materia prima como de productos, al igual que los diferentes agentes químicos como catalizadores u otros químicos necesarios para el proceso.

2.3 Definición de Características Requeridas de Servicios Auxiliares

En servicios auxiliares tenemos una caldera de vapor con una disponibilidad 665 kg/h de vapor con una temperatura de 400°F a una presión de 250 lb/in²,

Para el suministro de energía eléctrica se hará un contrato con la comisión federal de electricidad, la especificaciones de la tensión eléctrica aun están por especificar, en el apéndice I se muestra parte de las especificaciones en cuanto a energía eléctrica.

En cuanto a condiciones de sistema de contra incendios se seguirán las normas de la NFPA, así como las normas de la secretaria de trabajo y prevención social (STPS) cada una de las normas a seguir están contenidas en el apéndice I.

Para las especificaciones del producto principal biodiesel se tienen contempladas las normas de la ASTM

También es importante tener dentro de las base de diseño las condiciones climatológicas del lugar donde se va a localizar la planta como:

- Temperaturas máxima, mínima y promedio
- Precipitación pluvial
- Dirección y velocidad de los vientos dominantes
- Un estudio histórico sobre actividad sísmica

Capítulo 2.- Bases de Diseño

- Estudios históricos sobre otros fenómenos naturales, tales como huracanes, maremotos, inundaciones, tormentas de nieve, tornados, etc.

Todo esto con el fin de que el diseño de la planta y el proceso en sí, sea el óptimo para enfrentar cada una de estas variables climatológicas y evitar el impacto negativo que podría tener cada una de estas condiciones ambientales en el proceso químico.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO (OPERABILIDAD)

En el tanque V-101 bombeamos 868 kg/h de aceite vegetal hacia el mezclador M-201 donde llegarán 2702 kg/h de mezcla MetOH-NaOH, provenientes del mezclador M-202, donde se mezclará 2604 kg/h de metanol con 98 kg/h de NaOH; posteriormente con la bomba P-201 se llevarán los 3570 kg/h hacia el reactor enchaquetado PFR-201 con un tiempo de residencia de 15 min a una temperatura de 65°C a presión atmosférica, después se llevará al mezclador M-301, donde llegarán desde el mezclador M-202, una mezcla de 2702 kg/h de MetOH-NaOH calentada por el intercambiador E-201 a una temperatura de 65°C; después se enviará la mezcla a el reactor enchaquetado PFR-301 con un tiempo de residencia de 15 minutos y una temperatura de 65°C donde se alcanzará una conversión del 96% total; esta mezcla se neutralizará con una cantidad de 200 kg/h de ácido sulfúrico al 98% y posteriormente se enviará al tanque flash F-401 para la recuperación de MetOH. Los fondos del flash se enviarán al tanque decantador D-501 donde se separará el biodiesel de la glicerina, se envía el biodiesel al tanque W-601 para lavarlo con agua y retirar impurezas, la glicerina se envía al tanque V-601^{20 21 22 23 24 25 26 27}.

MetOH: Metanol.

NaOH: Hidróxido de sodio

²⁰ Idem.

²¹ Idem.

²² **Adala Facundo,2007**, Ana M. Pagano & María C.Gely, *Simulación de procesos mediante Hysys: una herramienta educativa para el estudio de casos*, Facultad de ingeniería UNCPBA, Argentina.

²³ **Mahesh N. Varma,2007** & Giridhar Madras, *Synthesis of Biodiesel from Castor Oil and Linseed Oil in Supercritical Fluids*, India, Ind. Eng.Chem.Res.2007,46,1-6.

²⁴ **Mark Morgenstern,2006**, Jessica Cline, Sally Meyer & Simon Cataldo, *Determination of the Kinetics of Biodiesel Production Using Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (1H NMR)*, Colorado,EU, Energy & Fuels. 2006,20, 1350-1353.

²⁵ **Shweta Shah,2004**, Shweta Sharma, & M.N. Gupta: *Biodiesel Preparation by Lipase-Catalyzed Transesterification of Jatropha Oil*, India, Energy & Fuels 2004, 18, 154-159.

²⁶ **Encinar José M.,2005**, Juan F. González & Antonio Rodríguez-Reinares, *Biodiesel from Used Frying Oil. Variables Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel*, España, Ind.Eng.Chem. Res. 2005, 44, 5491-5499.

²⁷ **Nicholas E. Leadbeater,2006** and Lauren M. Stencel, *Fast, Easy Preparation of Biodiesel Using Microwave Heating*, Connecticut, EU, Energy & Fuels 2006, 20, 2281-2283.

3.2 Esquema de proceso

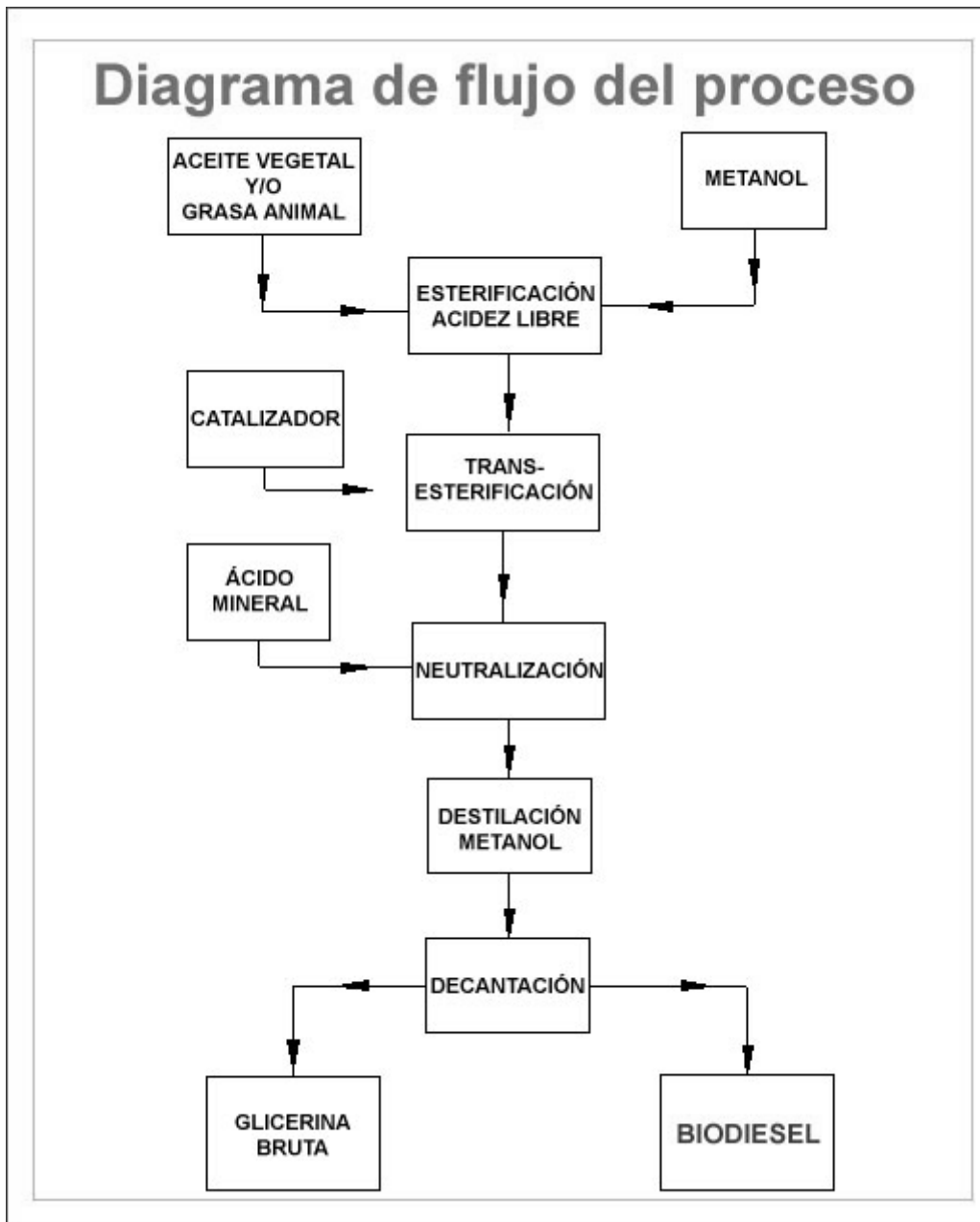
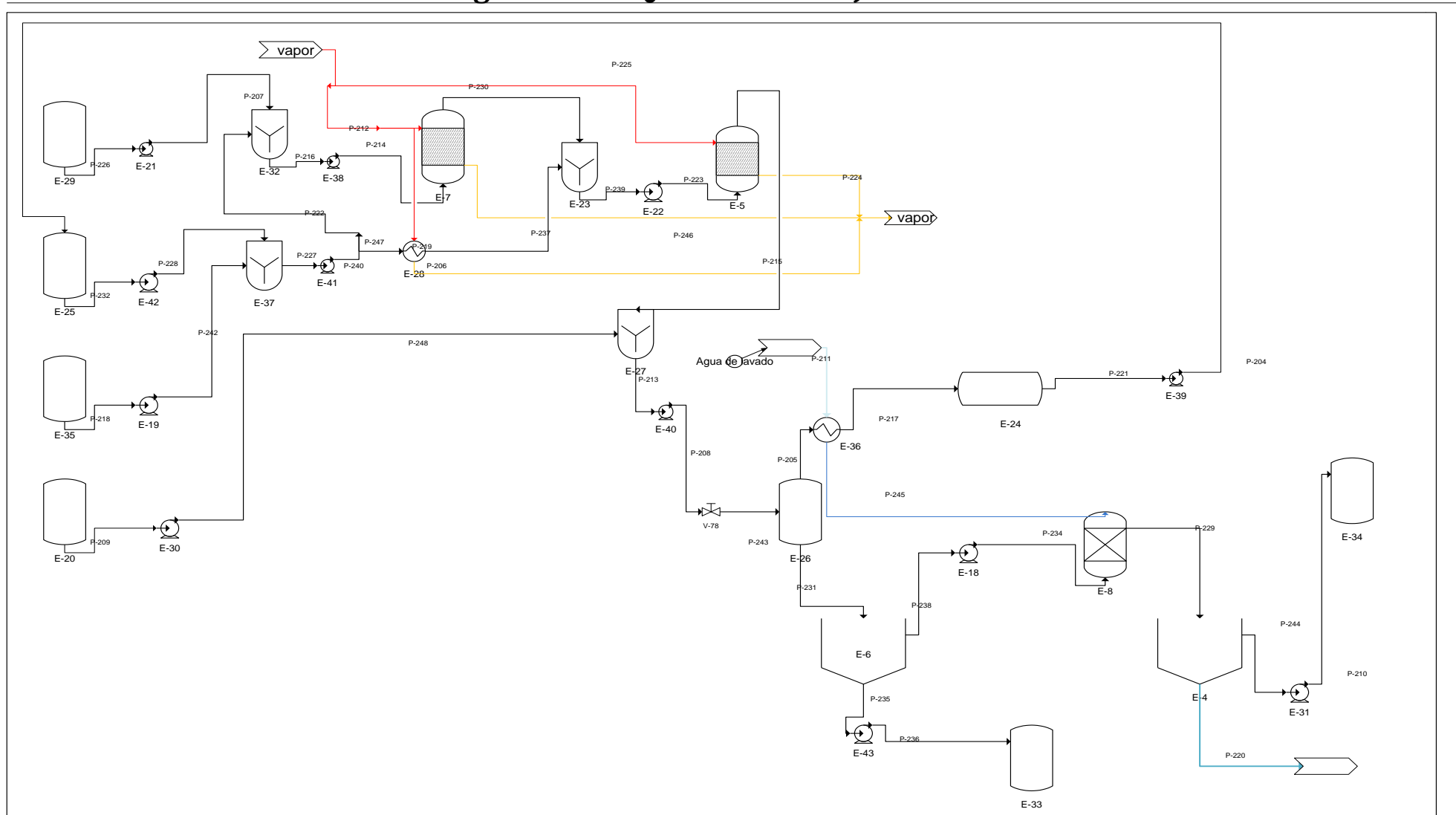



Figura 10. Esquema de proceso.

Figura 11. ESQUEMA DE FLUJO DE PROCESO



PLANO DE REFERENCIA		REVISION CERO				TITULO	
REV	NUMERO DE PLANO	REVISO	APROBO	SUPERVISION		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	
		OCB	KMGR	JATMAAD		NUMERO DE PLANO	
PARA REVISION Y COMENTARIOS:							

Capitulo 3.- Descripción del proceso

Tabla 6. LISTA DE EQUIPOS

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
PFR-201 A-B	REACTOR ENCHAQUETADO 360L
PFR-301 A-B	REACTOR ENCHAQUETADO 360L
F-401	FLASH ADIAB. CON INTERCAMBIADOR 2100 L
D-501	DECANTADOR GLICERINA 9000L
D-601 A-B	DECANTADOR BIODIESEL 18000L
E-201 A-B	INTERCAMBIADOR (14.9 m ²) CAT
E-401	CONDENSADOR DE METOH (2,6 m ²)
M-201 A-B	MEZCLADOR ACEITE-CAT MetOH (750L)
M-202 A-B	MEZCLADOR CAT MetOH (750L)
M-301 A-B	MEZCLADOR ACEITE-CAT MetOH (830L)
M-401	MEZCLADOR H2SO4 (830L)
V-101 A-B-C	CONTENEDOR ACEITE VEG 224000 L
V-102 A-B-C	CONTENEDOR MetOH 238000 L
V-103 A-B-C	CONTENEDOR DE NaOH 2360L
V-104 A-B-C	CONTENEDOR DE AC,SULFURICO 6720 L
V-501	CONTENEDOR DE MetOH (FLASH) 72550 L
V-601 A-B-C	CONTENEDOR DE GLICERINA 226 000 L
V-602 A-B-C	CONTENEDOR DE BIODIESEL 226 000 L
W-601 A-B	LAVADO DE BIODIESEL
P-101 A-B	BOMBA AC. VEGETAL , 2HP
P-102 A-B	BOMBA METANOL 2HP
P-103 A-B	BOMBA NaOH 2HP
P-104 A-B	BOMBA H2SO4 1 HP
P-201 A-B	BOMBA MEZCLA acei.veg-metOH-NaOH 2HP
P-202 A-B	BOMBA Cat MetOH-NaOH 2HP
P-301 A-B	BOMBA MEZCLA BIODIESEL-GLICERINA 2HP
P-401 A-B	BOMBA MEZCLA BIODIESEL-GLICERINA 3HP
P-501 A-B	BOMBA METANOL RECIRCULADO 2HP
P-502 A-B	BOMBA BIODIESEL 2HP
P-503 A-B	BOMBA GLICERINA 2HP
P-601 A-B	BOMBA BIODIESEL LAVADO2HP

Capitulo 3.- Descripción del proceso

Tabla 7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

CORRIENTES	unidades	1	2	3	4	5	6	7
T	°C	24	25	25	25	25	25	25
P	Atm	1	1	1	1	1	1	1
Aceite vegetal	kg/h	857,36	0	0	0	857,36	0	0
Metanol	kg/h	0	563,74	0	0	0	563,74	0
Hidróxido de sodio	kg/h	0	0	21,14	0	0	0	21,140
Ác. Sulfúrico	kg/h	0	0	0	26,42	0	0	0
Glicerina	kg/h	0	0	0	0	0	0	0
Biodiesel	kg/h	0	0	0	0	0	0	0
Total	kg/h	857,36	563,74	21,14	52,85	857,36	563,74	21,14
Velocidad de diseño	m/h	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1
CORRIENTES	unidades	8	9	10	11	12	13	14
T	°C	25	25	25	25	25	65	65
P	Atm	1	1	1	1	1	1	1
Aceite vegetal	kg/h	0	0	0	857,36	857,36	257,21	0
Metanol	kg/h	563,744	394,62	169,12	394,62	394,62	197,31	169,12
Hidróxido de sodio	kg/h	21,14	14,79	6,34	14,79	14,79	14,79	6,34
Ác. Sulfúrico	kg/h	0	0	0	0	0	0	0
Glicerina	kg/h	0	0	0	0	0	189,08	0
Biodiesel	kg/h	0	0	0	0	0	608,37	0
Total	kg/h	584,88	409,41	175,465293	1266,77	1266,77	1266,77	175,46
Velocidad de diseño	m/h	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Capítulo 3.- Descripción del proceso

CORRIENTES	unidades	15	16	17	18	19	20	21
T	°C	50	45	65	25	45	35	70
P	Atm	1	1	1	1	1	1	1
Aceite vegetal	kg/h	257,20	257,20	25,72	0	25,72	25,72	25,72
Metanol	kg/h	366,43	366,43	290,32	0	290,32	290,32	290,32
Hidróxido de sodio	kg/h	21,14	21,14	21,14	0	0	0	0
Ác. Sulfúrico	kg/h	0	0	0	25,89	0	0	0
Glicerina	kg/h	189,08	189,08	262,02	0	262,02	262,02	262,02
Biodiesel	kg/h	608,37	608,37	843,03	0	843,03	843,03	843,03
Total	kg/h	1442,24	1442,24	1442,24	25,89	1421,10	1421,10	1421,10
Velocidad de diseño	m/h	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
CORRIENTES	unidades	22	23	24	25	26	27	28
T	°C	70	70	25	25	25	55	55
P	Atm	1	1	1	1	1	1	1
Aceite vegetal	kg/h	25,72	0	0	0	6,43	19,29	6,43
Metanol	kg/h	43,54	246,77	246,77	246,77	39,19	4,35	39,19
Hidróxido de sodio	kg/h	0	0	0	0	0	0	0
Ác. Sulfúrico	kg/h	0	0	0	0	0	0	0
Glicerina	kg/h	262,02	0	0	0	259,40	2,62	259,40
Biodiesel	kg/h	843,03	0	0	0	8,43	834,60	8,43
Total	kg/h	1174,32	246,77	246,77	246,77	313,45	837,22	313,45
Velocidad de diseño	m/h	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4

Capitulo 3.- Descripción del proceso

CORRIENTES	Unidades	29	30	31	32
T	°C	40	30	25	25
P	Atm	1	1	1	1
Aceite vegetal	kg/h	19.29	19.29	19.29	0
Metanol	kg/h	4.35	4.35	4.35	0
Hidróxido de sodio	kg/h	0.00	0.00	0.00	0
Ác. Sulfúrico	kg/h	0.00	0.00	0.00	0
Glicerina	kg/h	2.62	2.62	2.62	0
Biodiesel	kg/h	834.60	834.60	834.60	834.60
Total	kg/h	860.87	860.87	860.87	834.60
Velocidad de diseño	m/h	0.4	0.4	0.4	0.4

Análisis de las Variables Principales de Control de los Equipos

Toda la planta opera a presión atmosférica, las únicas presiones diferentes entre los equipos son en los intercambiadores, de acuerdo al vapor requerido a 400°F.

En el caso de los reactores PFR-201 y PFR-301 estos van enchaquetados, a una temperatura de 65°C, pero trabajando de igual forma a presión atmosférica.

Se anexan las hojas de datos de equipos en el apéndice II, siendo estas las representativas del proceso.

Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos

Los equipos se organizaron de acuerdo a su operación unitaria y cada uno de estos se dimensionó de acuerdo al flujo de alimentación arrojado del balance de materia, además de que se considero de una alimentación continua al proceso, esto es 24 horas por siete días, se anexa como archivo el programa de balance de materia del proceso, realizado en una hoja de cálculo de Excel, donde se encuentran los cálculos de cada tipo de equipo.

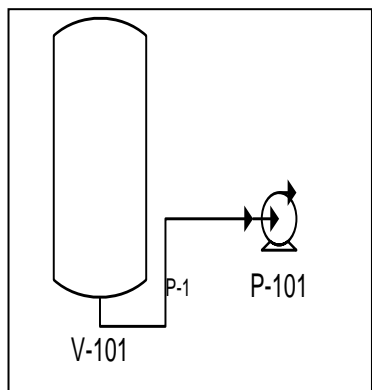
Los costos de los equipos fueron estimados de acuerdo a los parámetros del artículo “Data and Techniques for preliminary Capital Cost Estimating”²⁸, estos parámetros fueron compilados en un software, en los costos de equipo incluye instalación en campo, los costos están calculados en el año 2008.

4.1 Contenedores

Se contempló un tiempo de suministro de acuerdo a las horas laborales y el volumen de materia prima está diseñado con respecto al balance de materia. A este volumen se le agregó un factor de sobrediseño de 1.4, el cual se obtuvo de una producción de 7,000 ton/año máxima entre una producción nominal de 5,000 ton/año, para diseñar los tanques.

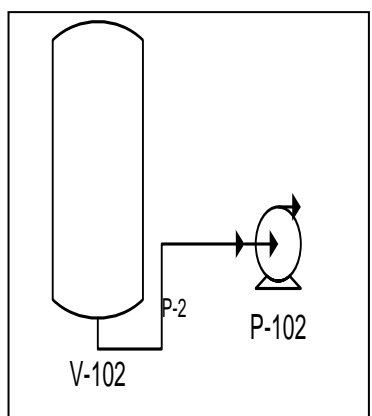
²⁸ Guthrie, K.M., 1969, *Data and Techniques for preliminary capital cost estimating*, Mc Graw Hill, EUA.

Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos



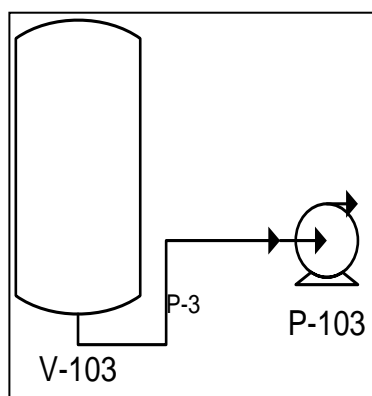
Contenedor de Aceite Vegetal V-101	
tiempo de suministro (h)	168
volumen de materia prima(m3)	160,04
volumen del tanque (VMP+40%)(m3)	224,06
L/D	3
D (m)	4,56
L (m)	13,69
Costos miles de USD	\$69

Figura 12. Contenedor de Aceite Vegetal



Contenedor de metanol V-102	
tiempo de suministro (h)	168
volumen de materia prima (m3)	170,21
volumen de l tanque (VMP+40%)(m3)	238,29
L/D	3
D (m)	4,66
L (m)	13,98
Costos miles de USD	\$70

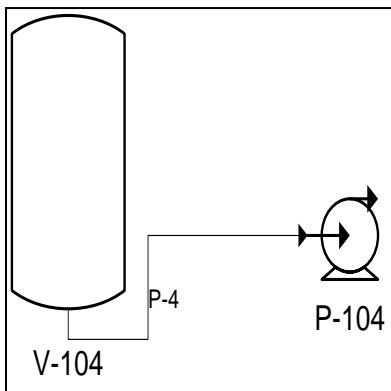
Figura 13. Contenedor de metanol



Contenedor de Hidróxido de Sodio V103	
tiempo de suministro (h)	168
volumen de materia prima (m3)	1,68
volumen del tanque (VMP+40%)m3	2,36
L/D	3
D (m)	1,00
L (m)	3,00
Costos miles de USD	\$20

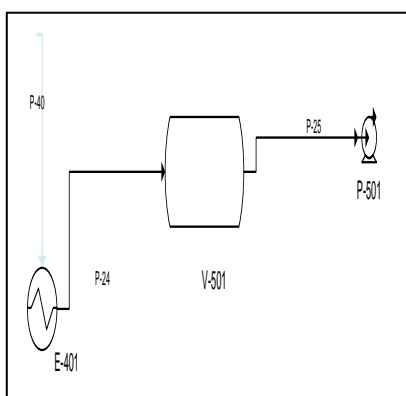
Figura 14. Contenedor de Hidróxido de Sodio

Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos



Contenedor de Ácido Sulfúrico V-104	
tiempo de suministro (h)	168
volumen de materia prima (m ³)	4,80
volumen del tanque (VMP+40%)m ³	6,72
L/D	3
D (m)	1,42
L (m)	4,25
Costos miles de USD	\$24

Figura 15. Contenedor de Ácido Sulfúrico

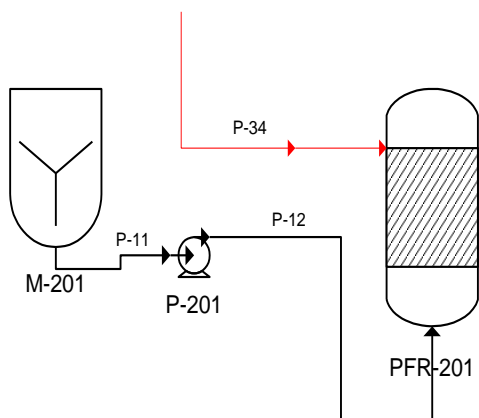


Contenedor de Metanol V-501	
tiempo de suministro (h)	168
volumen de materia prima (m ³)	51,82
volumen del tanque (VMP+40%)m ³	72,55
L/D	3
D (m)	3,13
L (m)	9,40
Costos miles de USD	\$50

Figura 16. Contenedor de Metanol reciclado

4.2 Mezcladores

Estos se diseñan en cuanto a un tiempo de residencia y el flujo dado en el balance de materia.



Mezclador de Aceite-Catalizador M-201	
F(m ³ /h)=	1,44
theta (h)=	0,42
Vmix (m ³)=	0,75
Costos miles de USD	\$56.

Dimensiones

diámetro (m)	0,62
longitud (m)	2,48
L/D=	4

Figura 17. Mezclador de Aceite-Catalizador M-201

Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos

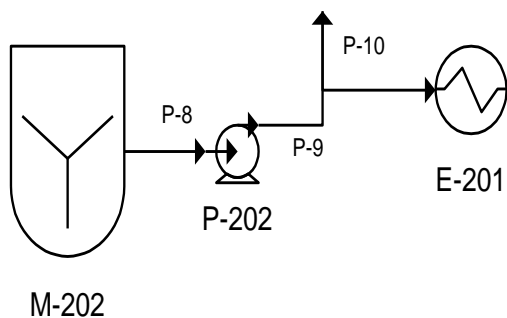


Figura 18. Mezclador de Catalizador M-202

Mezclador de Catalizador M-202	
F(m ³ /h)=	0,71
theta (h)=	0,42
Vmix (m ³)=	0,37
dimensiones	
diámetro(m)	0,49
longitud (m)	1,96
L/D=	4
Costos miles de USD	
	\$26

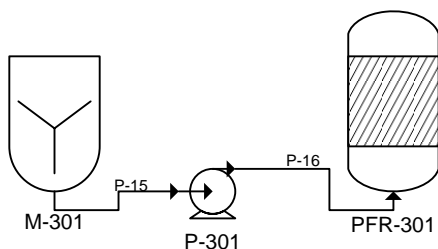


Figura 19. Mezclador de aceite-catalizador M-301

Mezclador de aceite-catalizador M-301	
F(m ³ /h)=	1,59
theta (h)=	0,42
Vmáx (m ³)=	0,83
Costos miles de USD	
	\$62

Dimensiones	
Diámetro(m)	0,64
longitud (m)	2,57
L/D=	4

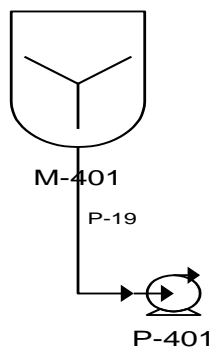


Figura 20. Tanque de neutralización con ácido sulfúrico

Tanque de neutralización con ácido sulfúrico M-401	
F(m ³ /h)=	1,59
theta (h)=	0,42
Vmix (m ³)=	0,83
Costos miles de USD	
	\$62
dimensiones	
diámetro(m)	0,64
longitud (m)	2,56
L/D=	4

4.3 Reactores

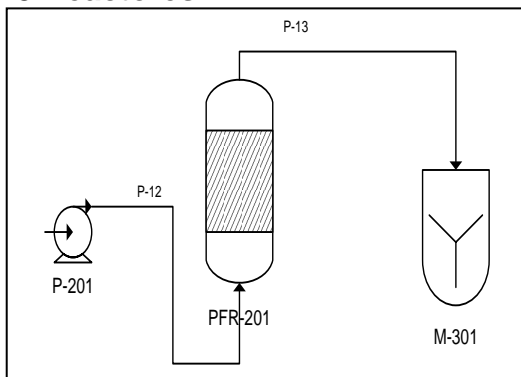


Figura 21. Reactor PFR-201

$F(m^3/h)=$ 1,45
 $\theta(h)=$ 0,25
 $V_{pfr}(m^3)=$ 0,36

dimensiones
 diámetro (m) 0,49
 longitud (m) 1,95
 $L/D=$ 4

Costos miles de USD \$17.610

Área de Transf.(m²) 1,49
 conversión 0,7

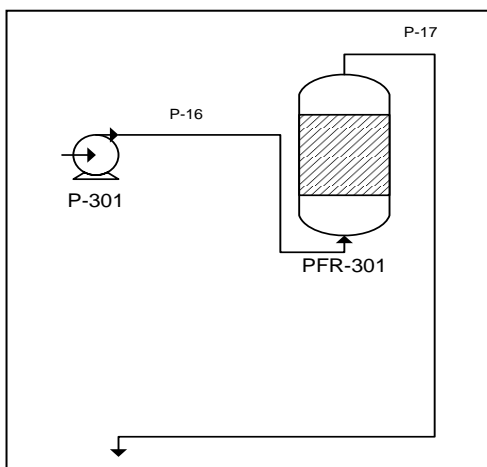


Figura 22. Reactor PFR-301

$F(m^3/h)=$ 1,63
 $\theta(h)=$ 0,25
 $V_{pfr}(m^3)=$ 0,41

dimensiones
 diámetro (m) 0,506
 longitud (m) 2,02
 $L/D=$ 4

Costos miles de USD \$18

Conversión 0,9
 área de transf.(m²) 1,61

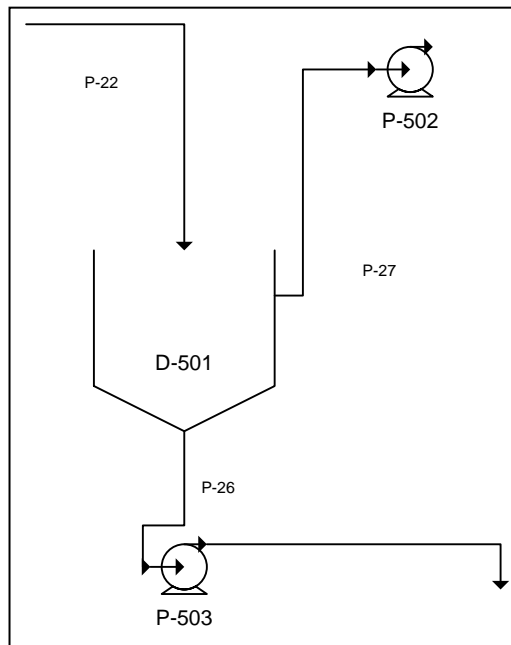
Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos

4.4 Decantadores

Se obtiene una fase ligera y una pesada con la siguiente composición:

	fase pesada(glicerina)	Fase liviana(biodiesel)
metanol	0,9	0,1
Aceite	0,25	0,75
Glicerol	0,99	0,01
biodiesel	0,01	0,99

Tabla 8. Composición de las fases de separación de biodiesel y glicerina.



Decantador de biodiesel D-501	
F(m ³ /h)=	2.96
theta (h)=	5.00
V (m ³)=	20.72
dimensiones	
diámetro (m)	2.06
longitud (m)	6.19
L/D=	3
Costos miles de USD	\$25

Figura 23. Decantador de Biodiesel D-501

Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos

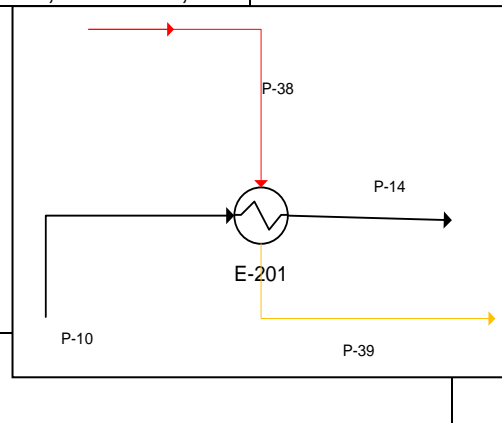
4.5 Intercambiadores de calor

1. E-201

Calor necesario	$Q_{fluido} = m * C_p * \Delta T$	$M_v = \frac{Q_{fluido}}{\lambda}$
-----------------	-----------------------------------	------------------------------------

Q (kJ/h)	1274421			
	T °F	P lb/in2	calor latente BTU/lb	V específico ft3/lb
Masa de vapor necesario	400	250	825	77.29
Mv (kg/h)	664,80		kJ/lb	
lambda (kJ/Kg)	1.917,00		1.917,00	
diseño de vapor				

	min	max	fouling
U (BTU/h*ft2*°F)	70	110	tubos ,003 shell ,001
promedio	90		
U(kJ/h*m2*°C)	565,03		
LMDT (°C)	DT1	DT2	
	158,60	139,44	
A (m2)	14,22		
A (ft2)	158,00		
Costos miles de USD	\$28		



LARGO (m)	3
DIAMETRO(m)	0,6

Figura 24. Intercambiador de calor E-201 (Catalizador)

Capítulo 4.- Pre-dimensionamiento y costos de equipos

2. Condensador de Metanol E-401

$$Q_{fluido} = m * C_p * \Delta T$$

Calor necesario				
Q (kJ/h)	25202	$M_{agua} = \frac{Q_{fluido}}{C_p * \Delta T}$		
Masa de agua necesaria				
Mv (kg/h)	1.680,15			
	min	Cp	Te	Ts
U (BTU/h*ft2*°F)	70	1	25	40
promedio	110	max		
U(kJ/h*m2*°C)	690,59	110		
LMDT (°C)	DT1			
13,95	5,00			
A (m2)	2,61	DT2		
A (ft2)	29,06	30,00		
Costos miles de USD	\$15			

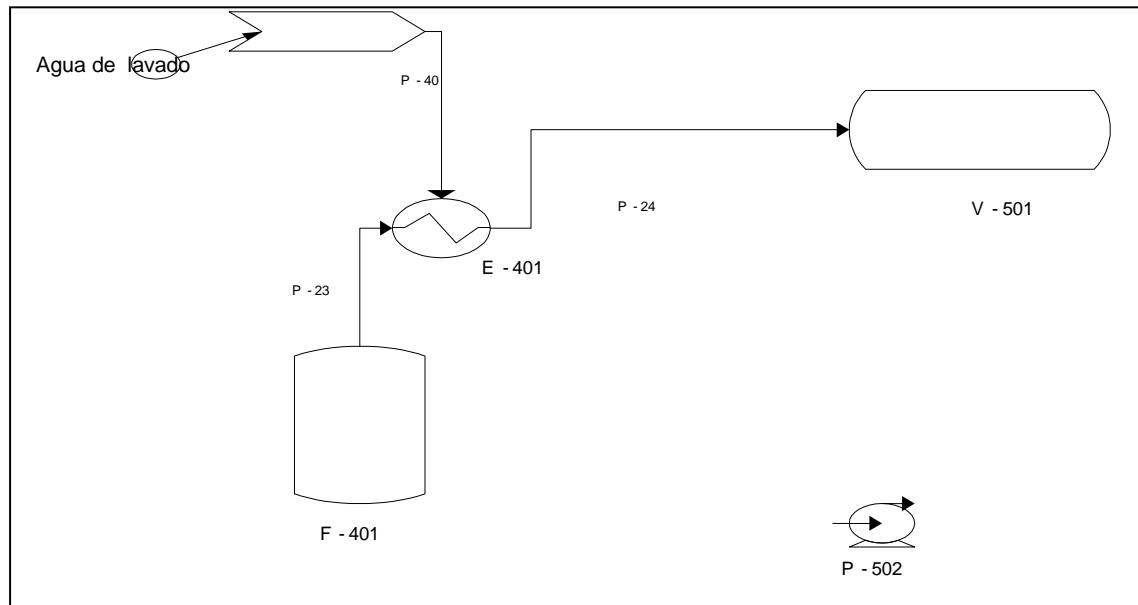


Figura 25. Condensador de Metanol E-401

Capítulo 5.- Filosofía de operación

En un proceso o servicio auxiliar se representa gráficamente el control y monitoreo por medio de los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI), describiendo simbólicamente gran parte de la filosofía operacional, así como el monitoreo y control del proceso y los equipos involucrados en las diferentes operaciones unitarias. Adicionalmente, este tipo de plano indica el tamaño y clase de tubería que interconecta a los diferentes equipos.

Documentos como el DTI representan el puente entre el concepto y la ingeniería, ya que ellos transmiten la información del proceso de manera técnica a todas las especialidades de un grupo de diseño, en ellos queda expresado en un lenguaje común a todas las ramas de ingeniería la caracterización y requerimientos de los procesos; adicionalmente el documento se apoya con notas para brindar mayor claridad a los requerimientos conceptuales o del alcance del proyecto.

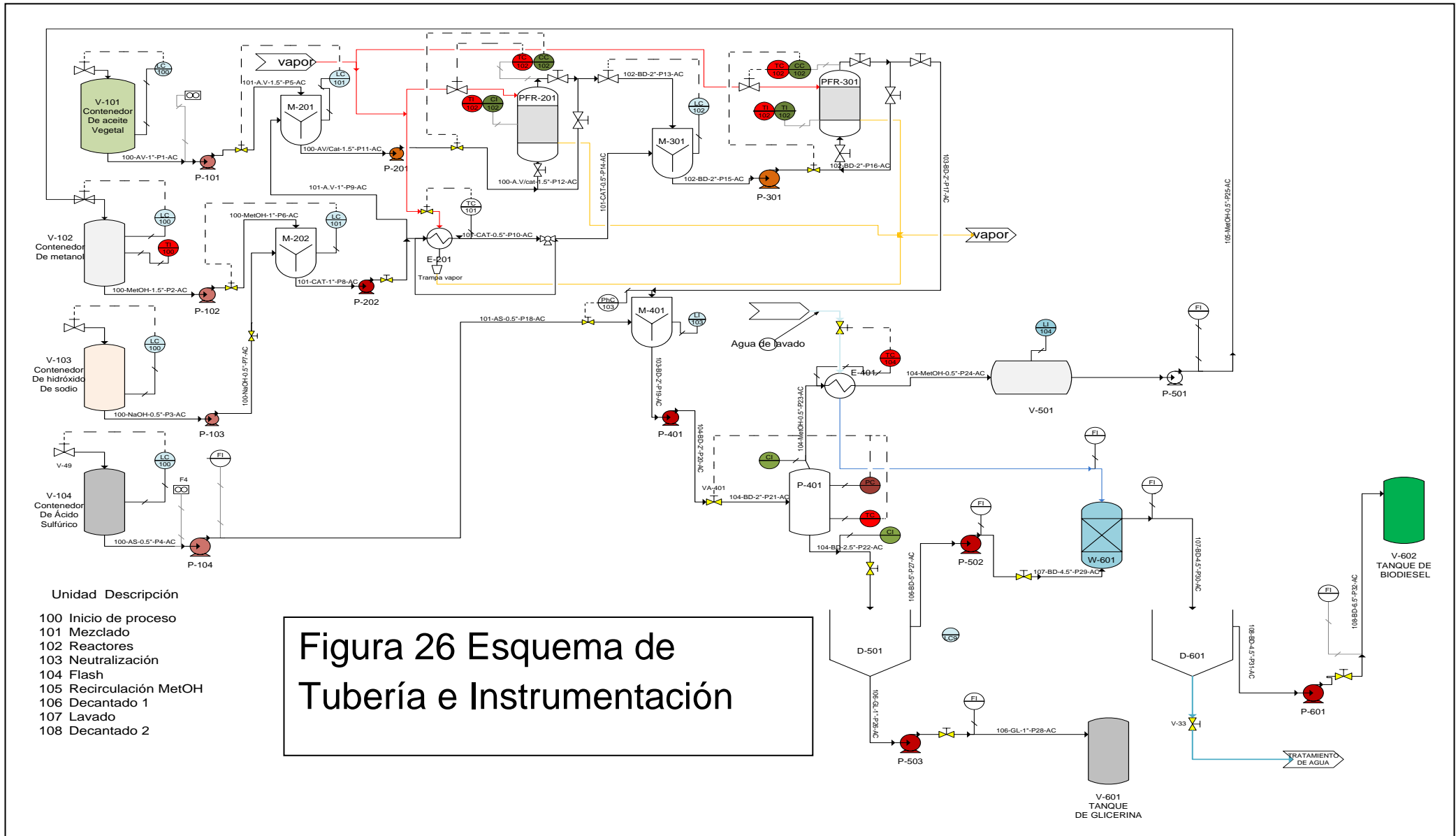
5.1 Tuberías

En cuanto a las tuberías todas son de acero al carbón y están especificadas por encima de cada línea representativa, con su respectivo flujo, dimensión y material.

Tubería	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
diámetro(in)	1,32	0,98	0,17	0,23	1,32	0,98	0,23	1,12	0,81	0,53
Tubería	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diámetro (in)	1,40	1,40	1,38	0,53	1,71	1,48	1,47	0,14	1,47	1,47
Tubería	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Diámetro(in)	1,47	1,32	0,65	0,65	0,65	0,64	1,31	0,64	1,17	1,17
Tubería	31	32								
Diámetro(in)	1,17	1,15								

Tabla 9. Diámetro de tuberías principales

Capítulo 5.- Filosofía de operación



- | Unidad | Descripción |
|--------|---------------------|
| 100 | Inicio de proceso |
| 101 | Mezclado |
| 102 | Reactores |
| 103 | Neutralización |
| 104 | Flash |
| 105 | Recirculación MetOH |
| 106 | Decantado 1 |
| 107 | Lavado |
| 108 | Decantado 2 |

Figura 26 Esquema de Tubería e Instrumentación

Para todas estas corrientes se tiene un DTI general para todo el proceso predeterminado. La mayoría de nuestros controladores son neumáticos, por lo que se requerirá un servicio de compresión de aire, especificado en las bases de diseño.

Este diagrama está basado en el Diagrama de Flujo de Proceso y al Balance de materia ya mostrados en las páginas anteriores y a la hoja de cálculo anexada.

Para tener una descripción de la filosofía de operación más adecuada se dividirá el DTI de acuerdo al tipo de equipos.

5.3 Reactores

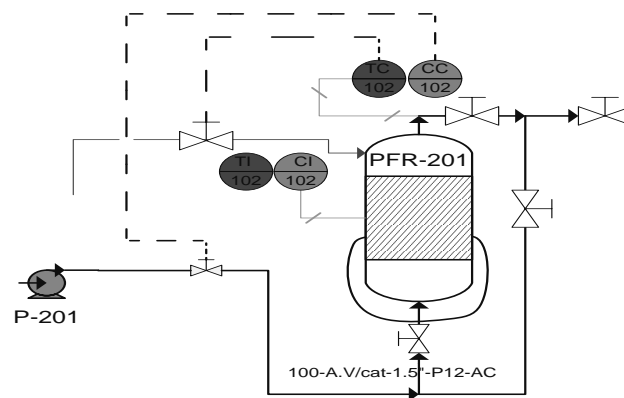


Figura 27. Operación y control de un reactor

A este reactor se suministra vapor y en esta corriente se especifican los controladores de temperatura y concentración en la válvula de control, la cual se debe cerrar o abrir al existir un cambio determinado en alguno de ellos.

El reactor va encaquetado por consiguiente debemos tener un indicador de temperatura y concentración que se tiene dentro del equipo para asegurarnos de su correcto funcionamiento.

5.4 Tanques de almacenamiento

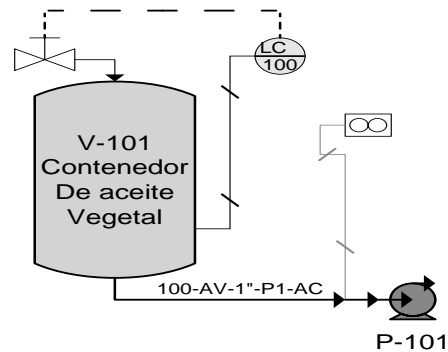


Figura 28. Control de nivel un contenedor

Para los tanques de almacenamiento desde el tanque V-101 hasta el tanque V-104 es importante controlar el nivel de líquido almacenado, por lo que se debe poner un indicador de nivel, en el momento que el nivel del tanque este en el mínimo permitido, empieza a alimentar al proceso el segundo tanque y así sucesivamente en lo que se llenan los tanques agotados.

Para el tanque de almacenamiento de metanol será importante controlar además del nivel, la temperatura y presión dentro de dicho equipo, para el cual se deberá tener indicadores de nivel, temperatura y presión que estén controlando la descarga y carga del equipo.

5.5 Mezcladores

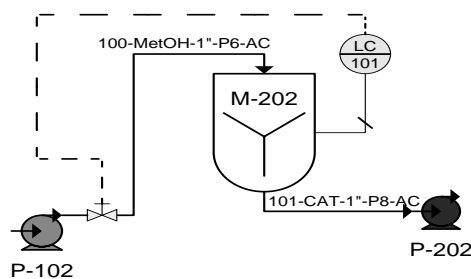


Figura 29. Control de nivel de un mezclador.

En los mezcladores es importante tener el control del nivel y de la concentración de los componentes a mezclar, podemos tener indicadores de flujo y por medio de relaciones,

Capítulo 5.- Filosofía de operación

controlar cada tubería involucrada, y con indicadores de nivel podemos controlar la alimentación al equipo

Por ejemplo; tenemos el mezclador M-201 de aceite vegetal con catalizador, de acuerdo al flujo de aceite vegetal se controlara el flujo de catalizador, logrando así la composición adecuada a mezclar, y para lograr controlar el nivel del tanque se deberán abrir o cerrar la alimentación al mezclador.

Intercambiadores de calor

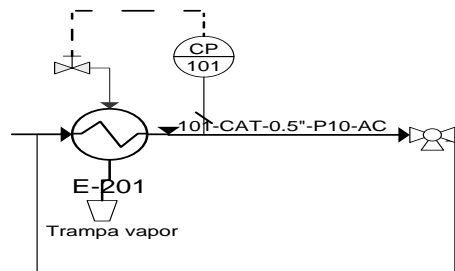


Figura 30. Control de un intercambiador de calor.

En los intercambiadores de calor es importante controlar la temperatura del líquido a calentar o enfriar, por lo que es necesario poner un indicador de temperatura en la salida del intercambiador por el lado del líquido a modificar su temperatura, controlando el flujo del vapor o agua de enfriamiento, según sea el caso, cabe destacar que para lograr este objetivo se pueden seguir diferentes métodos de control, como medir la temperatura del fluido antes de entrar al intercambiador y accionar sobre la válvula de control.

6.1 Criterios

En el plano de localización de equipo ya se tiene una distribución de todos los equipos a utilizar y de los sustitutos en caso de mantenimiento de alguno de ellos, con sus distancias adecuadas.

En general los recipientes de almacenamiento se separan entre sí 4 m, este y los demás criterios son tomados del libro *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*²⁹. En donde se toma de referencia la industria petrolera, Las dimensiones de los equipos ya están diseñadas en el capítulo de pre dimensionamiento y costos de equipos.

Este plano tiene una escala de 500mm : 1m, el cual indica dos entradas, una es para las pipas y camiones que surten la materia prima aproximadamente de 8 m, y la otra está del lado de las oficinas administrativas, para todo personal principalmente clientes y proveedores de la empresa.

También contamos con los talleres de mantenimiento, herramientas y electricidad, para el buen funcionamiento de los equipos y la empresa en general.

Además de que se tienen áreas verdes para el entretenimiento de los trabajadores, en sus horas de comida.

Se obtiene a una superficie de terreno de alrededor de 4000 m², las dimensiones del terreno son de aproximadamente 100 metros de largo por 40 metros de ancho, recordemos que esta superficie es relativamente pequeña por lo que se pueden conseguir lotes de estas características fácilmente.

²⁹ Baasel, William D, 1976. *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, Elsevier, New York, EU.

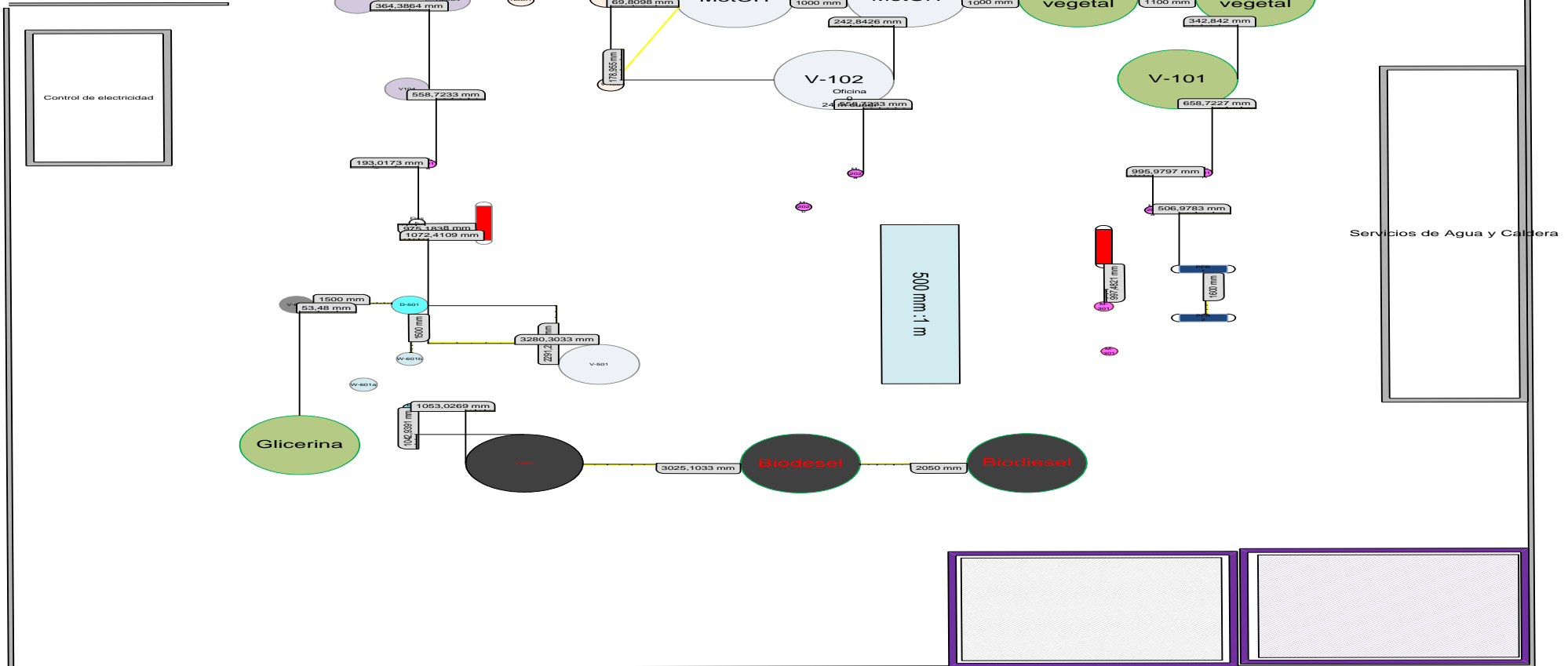
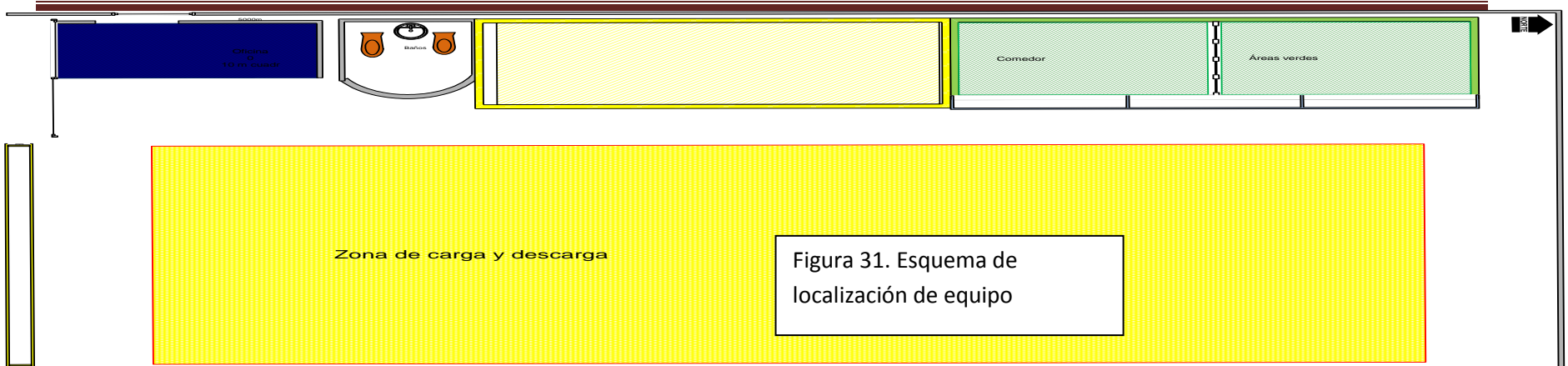
Capítulo 6.- LOCALIZACIÓN DE EQUIPO

ENTRADA DE CAMIONES Y PIPAS

Oficina
0
184 m cuadr

Oficina
0
12 m cuadr

Oficina
0
18 m cuadr



Oficina
0
20 m cuadr

Oficina
0
20 m cuadr

Análisis de resultados

En el primer capítulo se justificó el proyecto desde un punto de vista económico-social, en cuanto al medio ambiente se introdujo un valor promedio de CO₂ no acumulado y se maneja un porcentaje promedio, con la finalidad de que la cantidad exacta sea determinada por un proceso de validación, que es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para entrar al mercado mundial de los bonos de carbono, obteniendo un beneficio económico adicional sin perder la independencia económica del proyecto, con respecto a dicho mercado, ya que el precio de estos bonos fluctúa demasiado, el precio de la tonelada de CO₂ varía desde los 10 euros hasta los 50 euros, dependiendo de la situación económica mundial. Para lograr la realización del proyecto, se deberá tener como resultado un plan integral donde se debe de impulsar al campo mexicano procurando ocupar las tierras que no sean aprovechadas para la agricultura de alimentos básicos, así no se verá desplazada la producción de alimentos y se tendrá una generación de empleos en la agricultura.

Nuestra inversión es de 3 900 miles de dólares (3.9 millones de US\$) con una capacidad de 7000 ton/año y 557 US\$/ton/año, estando este proyecto dentro de los márgenes de inversión a nivel mundial como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Costo de inversión: plantas de gran capacidad

Instalación	País	Capacidad Ton/año	Inversión^a US\$mil	Inversión /ton/año US\$/ton/año
AleSat	Brasil	100 000	61 000	610 ^b
Ecodiesel	Brasil	105 000	33 000	314
Granol	Brasil	100 000	30 500	305
USDA estimación	EUA	100 000	32 000	320
NREL estimación	EUA	100 000	34 000	340
Lurgi	Alemania	60 000	10 000	167
Lurgi	Alemania	120 000	15 000	125

Análisis de resultados

Continuación de tabla 10.

Fortenbery,2005	USA	33 000	5 500	167
S&T²,2004	Canadá	56 700	13 500	238
Saville,2004	Canadá	38 000	12 900	366
Indian Oil	India	20 000	6 600 a 8 800	330 a 440

a/ No incluyen costos de proyecto, construcción, de suelo , etc.

b/ Incluye la planta de producción de aceite³⁰.

Para determinar la superficie necesaria de tierras de cultivo se tomaron los promedios reportados, lo cual también es una ventaja ya que podemos aumentar la eficiencia de cultivo y reducir considerablemente la superficie o aumentar la producción de biodiesel.

En el estado de Veracruz existen:

Superficie									
		Cultivos cíclicos (Ciclo otoño - invierno)		Cultivos cíclicos (Ciclo primavera - verano)		Cultivos perennes		Total	
Año	Entidad federativa	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)
2007	Veracruz	5,265.00	5,265.00	8,174.86	8,131.86	97,905.08	97,260.14	111,344.94	110,657.00

Tabla 11. Superficie de riego sembrada y cosechada del estado de Veracruz, 2007³¹.

La superficie necesaria para la producción de Biodiesel tomamos la máxima que es de 15 mil 200 hectáreas, esta superficie significa solo un 15.5% de la superficie sembrada de cultivos perennes del estado, esto sin tomar en cuenta la superficie que no es aprovechada para el cultivo, por ejemplo las hectáreas que fueron destinadas para reforestación.

³⁰ CEPAL, 2007 Ribeiro Gallo Waldyr Luiz, Perspectivas para el Biodiesel en Centro América: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras, Unión Europea, Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2007.

³¹ SEMARNAT,2007.[En línea] 2007.[Citado el: 3 de marzo 2009.]
<http://www.semarnat.gob.mx/saladeprensa/boletindeprensa/Pages/bol07-100.aspx>

Análisis de resultados

Es importante tener en cuenta que la higuera es de uso industrial y no de consumo alimenticio además de que el bagazo puede ser utilizado como fertilizante, por lo cual no se tendrían desechos contaminantes.

En este estudio se partió de que se adquiriría el aceite y a partir de este punto se procesaba para producir biodiesel. Tomando en cuenta que un análisis técnico-económico de una planta de extracción de aceite es tan complejo como la de biodiesel. Pero se recomienda acoplar la planta de extracción de aceite con la de biodiesel, para tener una óptima operación entre la siembra, la extracción de aceite y la producción de biodiesel.

Para el análisis de mercado se tomaron datos de Petróleos Mexicanos (PEMEX) reportados en su página de internet y se analizó la producción, exportaciones e importaciones de diesel, teniendo como principal objetivo reducir la importación de dicho combustible, ya que estas importaciones significan capital que sale del país, también se observó que el consumo aparente de dicho combustible iba en aumento, lo que nos indicó que es un buen mercado para este producto.

Año	Importaciones	Consumo Aparente
2003	3.9	308,8
2004	2.9	319,9
2005	21.4	338,8
2006	40.5	366,1
2007	52.7	377,9
2008	59.9	398,5

Tabla 12. Importaciones de diesel en miles de barriles diarios (PEMEX, 2008).

Análisis de resultados

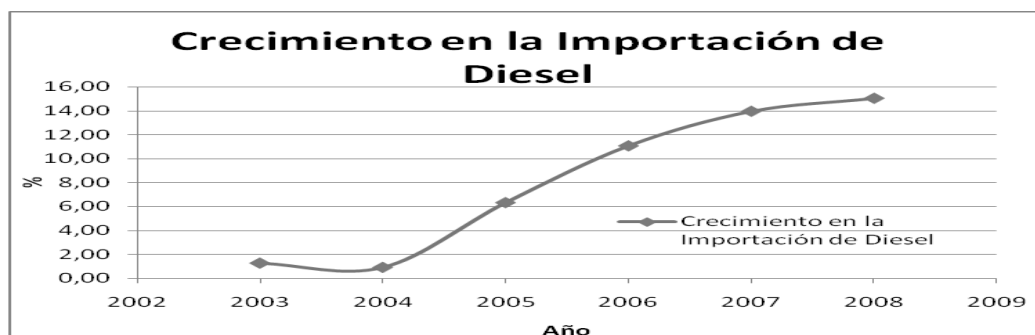


Figura 30. Gráfica de Crecimiento de la importacion de Diesel fosil en México en el periodo de 2003-2008 (Datos tomados de la página de internet de PEMEX,2008).

El hecho de tener un aumento en nuestras importaciones de biodiesel, nos da como resultado una balanza comercial negativa, indicándonos que la demanda de mi mercado está insatisfecha y por lo tanto una capacidad de producción de diesel insuficiente

En cuanto al análisis de sensibilidad del proyecto, se manejo un precio a subsidiar por el gobierno federal de 9.8 pesos por litro de biodiesel, teniendo un tiempo de recuperación de 5 años, obtenemos un VPN positivo, indicándonos que podemos invertir en el proyecto, teniendo ganancias monetarias , pero como ya se había mencionado este proyecto puede ser incorporado al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y con ello generar beneficios económicos adicionales por la venta de bonos de carbono aumentado el flujo de efectivo.

En el informe anual del 2008 de la página de PEMEX se tiene la siguiente información:

Importaciones de diesel	2006	2007	% de variación 2006/2007
Millones de USD	1262.6	1960.6	55.3%
Miles de barriles diarios	40.5	52.7	30.1%

Tabla 13 Volumen y valor de las importaciones de Diesel 2006-2007^{32 33}(PEMEX, 2008).

³² PEMEX,2008[En línea]2008. [Citado el 5 de Noviembre del 2008] http://www.pemex.com/files/dcpe/petro/evalorventas_esp.pdf.

³³ PEMEX,2008 [En línea]2008. [Citado el 5 de Noviembre del 2008] http://www.pemex.com/files/dcpe/petro/evolumenventas_esp.pdf

Análisis de resultados

Si tomamos que un año de 365 días, obtenemos que en el 2007 el precio del diesel importado era de alrededor de 0.64 USD/litro diesel, tomando en cuenta que el precio del diesel ha aumentado a la fecha junto con el valor del dólar en nuestro país, tomaremos este precio de importación como base, y considerando un tipo de cambio de 13 pesos por dólar, tenemos que el precio de diesel importado es de 8.32 pesos/litro de diesel, subrayo que este precio es aproximado, y es solo para fines de comparación con el precio de biodiesel obtenido.

Con las cifras anteriores tenemos una diferencia alrededor del 20% entre el diesel fósil y el biodiesel, esta diferencia podría significar bastante para descartar la producción de biodiesel, pero recordemos que este precio aun puede ser mejorado, con un estudio técnico-económico más detallado.

Se estudiaron los detalles técnicos como lo es la descripción del proceso, un balance de materia y energía riguroso, generando un diagrama de flujo de proceso en el cual se observa las diferentes etapas de producción, para después poder determinar un pre-dimensionamiento de equipos y tuberías, con esto se observo que los equipos necesarios no son de difícil adquisición o tengan que ser importados, pues la características de cada tipo de equipo son básicas, ya en un estudio a nivel de ingeniería de detalle se determinarán tipos boquillas , tipo de unión en tuberías, cimentaciones, estructuras, etc., pero la tecnología en general está disponible en el mercado.

Como parte final tenemos la localización del equipo, esto para visualizar el arreglo físico de los instrumentos y poder determinar la superficie requerida para la construcción de la planta de proceso. En un estudio de ingeniería básica tenemos dar un arreglo preliminar de equipos con esto se podrá tener una idea mas amplia sobre las cimentaciones en la construcción de la planta, pues estas varían de una zona de proceso a otra. Recordemos que nuestra planta está distribuida en una superficie de 4,000 m², y esta superficie es relativamente pequeña, por lo que conseguir un terreno con dichas dimensiones es fácil, la superficie que consideramos es de aproximadamente 100 m de largo por 40 m de frente.

Conclusiones

Se logró analizar satisfactoriamente el estudio técnico-económico del biodiesel, obteniendo un análisis de mercado nacional, un análisis del aceite de higuera en cuanto a su rendimiento de producción, además de obtener el análisis de sensibilidad de la planta y se obtuvo el balance de materia y energía con el cual se dimensionaron equipos.

Se hizo el análisis de mercado donde se obtuvieron datos sobre la magnitud del mercado del diesel, dándonos un margen para determinar el tamaño de la planta de Biodiesel, determinando una capacidad pequeña con el fin de que sea ejemplo a seguir para después construir una de mayor capacidad.

El diesel representó un 23 % de la producción de PEMEX en materia de energéticos en el 2008 y la importación de diesel aumento de un 2% a un 15 % respecto al consumo aparente en el periodo de 2003-2008 , indicándonos un déficit de producción de energéticos, por lo que la implementación de la producción de energéticos renovables, resulta doblemente benéfica, impactando positivamente a nuestra balanza comercial y a nuestro medio ambiente.

Se obtuvo el análisis de la materia prima, del cual se concluyó que el aceite de higuera es apropiado para la producción de biodiesel, pues éste no compite con los aceites comestibles y su uso es prioritariamente industrial. Además que la semilla ofrece ventajas técnicas como lo son: alto contenido de aceite (aproximadamente un 40% en peso), no requiere de condiciones especiales para su producción, puede llegar a tener una alta eficiencia de cosecha de hasta 4.5ton/ha, con lo que ayudaría a reducir la superficie necesaria o aumentar la producción de biodiesel.

Se realizó un análisis de sensibilidad de la planta, gracias a los datos técnicos arrojados por el balance de materia y energía y al pre dimensionamiento de los equipos principales. Dicho análisis es muy importante en este tipo de proyectos, es la pauta para decidir si la construcción de una planta química es factible.

Conclusiones

Es importante subrayar que los resultados positivos del análisis de sensibilidad, fueron posibles gracias al convenio de vender la glicerina y tener una materia prima barata, como lo es el aceite de higuera, es en esta parte donde pueden hacerse un sinnúmero de movimientos, a fin de obtener los resultados deseados.

Para el análisis económico se decidió fijar la capacidad de la planta variando el precio de venta del biodiesel hasta obtener el precio al que debía venderse el energético y de esta manera hacer rentable la producción de biodiesel. Es importante subrayar que el precio del biodiesel de este estudio a la venta sería de 9.8 pesos/litro, comparándolo con el precio de importación del diesel que es aproximadamente de 8.32 pesos/litro, estamos hablando de un 20% de diferencia, el cual se podría cubrir con algún incentivo fiscal.

Se elaboró el balance de materia y energía a fin de obtener la carga de materia en cada parte del proceso y de esta forma apoyarme posteriormente en estas cifras para el dimensionamiento preliminar de los equipos principales, éste punto es necesario para determinar el costo de equipos y es crucial para el desarrollo de proyectos.

Después de tener las dimensiones de equipos, elaboré un arreglo de estos para obtener la superficie de terreno requerida para la construcción de la planta, pues este dato contribuye a la inversión total de la planta química.

Todos los puntos anteriores sirvieron para elaborar este estudio técnico-económico de la construcción de una planta de producción de biodiesel a partir de aceite de higuera, dando una razón de mayor peso para el uso de “energías verdes”, demostrando que las barreras para un avance energético limpio, no son el dinero, la tecnología, la materia prima, si no están en el compromiso de quienes pueden hacer realidad el uso de biocombustibles.

Conclusiones

La factibilidad técnica-económica del biodiesel en nuestro país, de acuerdo con este estudio, es positiva, teniendo en cuenta que se debe implementar un plan integral, donde se vean involucrados los sectores de agricultura, transporte, gobierno federal, así como las Secretarías de Energía, Hacienda y Crédito Público, SAGARPA, etc., con el fin de acotar la dependencia frente al petróleo y hacer el desarrollo de nuestro país sustentable.

Bibliografía

PEMEX:Capacidad de Refinación

(1) PEMEX. 2007. PEMEX. [En línea] 2007. [Citado el: 25 de mayo de 2009]
http://www.pemex.com/files/content/capacidad_refinacion1.pdf.

Association for the Study of Peak Oil & gas

(2) ASPO,2004 [En Línea] . [Citado el: 10 de Noviembre de 2008]
http://www.crisisenergetica.org/staticpages/articulos_archivos/emacp_curvaaspo.gif

Energy Watch Group

(3) EWG,2007 [En Línea] 2007.[Citado el: 11 de Noviembre de 2008]
http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://www.nodo50.org/tortuga/IMG/gif/ewg_oil_world.gif&imgrefurl=http://www.nodo50.org/tortuga/Energy-Watch-Group.

(4) SENER/BID/GTZ (Edit.),2006: Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México, México, D.F.; México, Noviembre 2006.

(5) Comisión nacional para el ahorro de energía (CONAE), Diciembre 2007, Vargas González Miguel: Dirección de ahorro de energía en el transporte: Biodiesel, México, 2007.

ASTM

(6) ASTM,1996-2009, [En línea]1996-2009.[Citado el: 26 de Octubre de 2008]
<http://www.astm.org/>.

(7) Jiménez León L,1994, Ingeniería de Proyectos para Pantas de Proceso. Facultad de Química, UNAM, México (1994).

(8) Vilbrandt, F.C.,1959, and Dryden, C.E., Chemical Engineering Plant Design Mc Graw Hill, New York, EUA (1959)

(9) Lozano Ríos, 1985, L. Administración de Proyectos. Facultad de Química, UNAM, México.

Bibliografía

(10) **Baca, Urbina Gabriel, 2003**, Fundamentos de ingeniería económica, Mc Graw Hill Interamericana 3ª ed., México D.F. 2003, , Pág. 81-89,173-174.

(11) **IMIQ,2007**, Fernando Juarez Martinez, Maria Martha Palomino Ramirez, Mecanismo de Desarrollo Limpio :un Compromiso de Pemex Gas y Petroquímica Básica ante el Cambio Climático, Revista oficial del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, México, 2007,48(1-2),.

(12) **CEIEGDRUS,2006**. Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica para el Desarrollo rural Sustentable, Boletín estadístico del sector agropecuario, México, Número 7 año 2 Agosto de 2006.

REDENERG, Portal cubano de la Energía

(13) **Sotolongo,2000**[En línea] 2000.[Citado el: 2 de Diciembre de 2008]
<http://www.energia.inf.cu/eventos/memorias4/trabajos/Biodiesel.pdf>

CONABIO Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad

(14) **CONABIO, s.f.**, [En línea] s.f. [Citado el: 29 de noviembre de 2008]
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinuscommunis/fichas/ficha5>.

PEMEX: Importación de petrolíferos

(15) **PEMEX, 2008**. [En línea]2008. [Citado el: 5 de Noviembre del 2008]
http://www.pemex.com/files/dcpe/petro/eimporpetro_esp.pdf.

INEGI

(16) **INEGI, 2008**, INEGI[En línea]2008. [Citado el: 16 de Noviembre de 2008]
<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>

(17) **Lotero Edgar, 2005**, Yijun Liu, Dora E. López, Kaewta Suwannakarn, David A. Bruce & James G. Goodwin, Jr., Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, Sur de Carolina, EUA. Ind. Eng. Chem. Res., 2005, 44 ,5353-5363.

Bibliografía

- (19) **Kunchana Bunyakiat,2006**, Sukunya Makmee, Ruengwit Sawangkeaw & Somkiat Ngamprasertsith, *Continuos Production of Biodiesel via Transesterification from Vegetable Oils in Supercritical Methanol*, Tailandia, Energy & Fuels, 2006, 20, 812-817.
- (20) **Simoni M. Plantz Meneghetti,2006**, Mario R. Meneghetti, Carlos R. Wolf, Eid C Silva, Gilvan E. S. Lima, Laelson de Lira Silva, Tatiana M. Serra, Fernanda Cauduro & Lenise G. de Oliveira, *Biodiesel from Castor Oil: A comparison of Ethanolysis versus Methanolysis*, Brasil, Energy & Fuels, 2006, 20, 2262-2265.
- (21) **Simoni M. Plentz Meneghetti,2007**, Mario R. Meneghetti, Tatiana M.Serra, Daniela C. Barbosa, & Carlos R. Wolf, *Biodiesel Production from Vegetable Oil Mixtures: Cottonseed, Soybean, and Castor Oils*, Brasil, Energy & Fuels 2007, 21, 3746-3647.
- (22) **Adala Facundo,2007**, Ana M. Pagano & María C.Gely, *Simulación de procesos mediante Hysys: una herramienta educativa para el estudio de casos*, Facultad de ingeniería UNCPBA, Argentina.
- (23) **Mahesh N. Varma,2007** & Giridhar Madras, *Synthesis of Biodiesel from Castor Oil and Linseed Oil in Supercritical Fluids*, India, Ind.Eng.Chem.Res.2007,46,1-6.
- (24) **Mark Morgenstern,2006**, Jessica Cline, Sally Meyer & Simon Cataldo, *Determination of the Kinetics of Biodiesel Production Using Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (¹H NMR)*, Colorado, EUA, Energy & Fuels 2006,20, 1350-1353.
- (25) **Shweta Shah,2004**, Shweta Sharma, & M.N. Gupta: *Biodiesel Preparation by Lipase-Catalyzed Transesterification of Jatropha Oil*, India, Energy & Fuels 2004, 18, 154-159.

Bibliografía

- (25) **Vicente Gemma, 2005**, Mercedes Martinez, José Aracil & Alfredo Esteban, *Kinetics of Sunflower Oil Methanolysis*, España, Ind.Eng.Chem. 2005, Res. 44, 5447-5454.
- (26) **Encinar José M.,2005**, Juan F. González & Antonio Rodríguez-Reinares, *Biodiesel from Used Frying Oil. Variables Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel*, España, Ind.Eng.Chem. Res. 2005, 44, 5491-5499
- (27) **Nicholas E. Leadbeater,2006** and Lauren M. Stencel, *Fast, Easy Preparation of Biodiesel Using Microwave Heating*, Connecticut, EU, Energy & Fuels 2006, 20, 2281-2283.
- (28) **Guthrie, K.M.**, 1969, *Data and Techniques for preliminary capital cost estimating*, Mc Graw Hill, EUA.
- (29) **Baasel, William D,1976**. *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, Elsevier, New York,EUA.
- (30) **CEPAL, 2007** Ribeiro Gallo Waldyr Luiz, *Perspectivas para el Biodiesel en Centro América: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras*, Unión Europea, Comisión Económica Para America Latina y el Caribe (CEPAL), 2007.

SEMARNAT

- (31) **SEMARNAT,2007**. [En línea] 2007. [Citado el: 3 de marzo 2009.]
<http://www.semarnat.gob.mx/saladeprensa/boletindeprensa/Pages/bol07-100.aspx>

PEMEX: Valor de ventas

- (32) **PEMEX,2008**[En línea]2008. [Citado el 5 de Noviembre del 2008]
http://www.pemex.com/files/dcpe/petro/evalorventas_esp.pdf.

PEMEX: Volumen de Ventas

- (33) **PEMEX,2008** [En línea]2008. [Citado el 5 de Noviembre del 2008]
http://www.pemex.com/files/dcpe/petro/evolumenventas_esp.pdf

Bibliografía

Inclán Gallardo Ubaldo,2005, Mercado de Bonos de carbono y sus Beneficios potenciales para proyectos en México, Secretaría de Energía, Baja California, México, 2005.

Jauregui Sara,2007, El mercado del Biodiesel en Reino Unido, Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Londres, 2007.

Jianbo Hu Zexue Du, 2004, Zhong Tang & Enze Min, Study on the Solvent Power of a New Green Solvent: Biodiesel, China, Ind. Eng. Chem. 2004, Res. 43, 7928-7931.

Ramos Jacques,2004, A. L. Identificación Y Evaluación de Riesgos de Proceso en una Planta Estabilizadora de Crudo. Facultad de Química, UNAM, México (2004).

Rase, 1957, H.F. and Barrow, M.H., Project of Process Plants, Wiley, N.Y., (1957)

Rud,1968, D. And Watson, C., Strategy of Process Engineering Wiley, N.Y.,

Sitios de internet

Greenpeace

Greenpeace,2008. *Greenpeace* [En línea]2008.[Citado el: 19 de Febrero de 2009]
<http://www.greenpeace.org/mexico/news/admite-semarnat-fracaso-de-pro>.

Departamento de proyecciones y audiovisuales, Facultad de química UNAM.

Ortiz, 2007. DEPA[En línea]2007[Citado el: 20 de Marzo 2009.]
<http://depa.fquim.unam.mx/ingenieriadeproyectos> .

Apéndices

Apéndice I Tablas de bases de diseño

1. Condiciones en límites de batería (tabla 6)

Alimentación	Aceite vegetal	Metanol
TEMPERATURA (°C)		
máxima	27	27
normal	25	25
mínima	24	24
PRESIÓN man. (psig)		
máxima	Atmosférica	Atmosférica
normal	Atmosférica	Atmosférica
mínima	Atmosférica	Atmosférica
Estado físico	Líquido	Líquido
Forma de recibo	Recipientes	Recipientes
Procedencia	Límites de Batería	Límites de Batería
Flujo kg/h	857,36	563,74

2. Especificación de los productos (tabla7)

Componente	Edo. físico	Pureza
Biodiesel	Líquido	100
Glicerina	Líquido	ND

Apéndices

3. Condiciones en límites de batería (tabla 8)

Producto	Biodiesel	Glicerina
TEMPERATURA (°C) máxima	27	27
normal	25	25
mínima	24	24
PRESIÓN man. (psig) máxima	Atmosférica	Atmosférica
normal	Atmosférica	Atmosférica
mínima	Atmosférica	Atmosférica
Estado físico	Líquido	Líquido
Forma de recibo	Recipientes	Recipientes
Procedencia	Límites de Batería	Límites de Batería
Flujo kg/h	834,60	259,40

4. Agentes químicos (Tabla 9)

Alimentación	NaOH	H ₂ SO ₄
TEMPERATURA (°C) máxima	27	27
normal	25	25
mínima	24	24

Apéndices

PRESIÓN man. (psig) máxima	Atmosférica	Atmosférica
Normal	Atmosférica	Atmosférica
Mínima	Atmosférica	Atmosférica
Estado físico	Sólido	Líquido
Forma de recibo	Recipientes	Recipientes
Procedencia	Límites de Batería	Límites de Batería
Flujo kg/h	21,1404	52,851

5. Efluentes (tabla10)

Efluente	Se envía	Frecuencia de Emisión	Se incluirá Tratamiento	Composición % peso
Agua lavado con sales	Tratamiento	Continua	No	--
Vapor	Recirculación	Continua	No	--

Apéndices

6. Instalaciones requeridas de almacenamiento, alimentaciones y productos

Alimentaciones

Se representa por tanques de almacenamiento (tabla 11):

Alimentación	L (m)	D(m)
Aceite vegetal	13,70	4,56
Metanol	14,00	4,66
NaOH	3	1
H ₂ SO ₄	4,25	1,40

7. Servicios Auxiliares

(Tabla12)Caldera de Vapor

Fuente de suministro	La misma planta
Presión en L. B.	250 lb/in ²
Temperatura en L. B.	400° F
Disponibilidad	664.8 kg/h

(Tabla12)Agua para condensar el metanol recirculado, misma que se utiliza a la salida del condensador para uso sanitario y de servicios.

Fuente de suministro	La misma planta
-----------------------------	-----------------

Apéndices

Presión en L. B.	Atmosférica
Temperatura en L. B.	77 ° F
Disponibilidad	1680.15 kg/h

8. Aire de Instrumentos (tabla13)

Mediante compresores se generará el aire requerido para los instrumentos.

Presión para proceso	167 psig para la línea principal
Presión para instrumentos	20 psig
Suministro	L. B.
Punto de rocío	- 40 ° F
Impurezas	Ninguna

9. Energía Eléctrica

(Tabla14) Energía eléctrica suministrada por C. F. E.

Tensión	ND
Fases	3 y un hilo de tierra física
Frecuencia	60 Hz
F. P.	0.85 a 0.90 más.
Núm. de alimentadores	1

Apéndices

(Tabla 15) Energía eléctrica para consumo diferente al proceso, suministrada por la CFE se transforma dentro de la planta a:

Tensión	ND
Fase	3 y un hilo de tierra física
Frecuencia	60 Hz
F. P.	0.85 a 0.90 máx.

10. Comunicación

Teléfono: TELMEX o AVANTEL o AXTEL.

Otros

Podrá contratarse servicio de radio comunicación de acuerdo a las necesidades de la planta, no se contemplan en el proyecto.

11. Sistemas de desfogue

No aplica

12. SISTEMA DE SEGURIDAD

Sistema contra incendio

Red contra incendio:

Se utilizarán las normas de la NFPA No. 20

Criterios de diseño:

Presión de descarga mínima en el último hidrante : 100 psia

Velocidad del agua : debe estar en el intervalo de 6-12 ft/s

Apéndices

Gasto de hidratante (Tabla 16):

Boca del hidratante (pulgadas)	Flujo (GPM/boquilla)
1½	125
2½	250

Equipo móvil y portátil: Se colocaran con lo establecido en las Normas No. 10 NFPA

Rociadores: Sí se colocaran con lo establecido en las Normas NFPA.

. Criterio de diseño

. Gasto del rociador: 0.0164 ft³/min•ft²

. Separación: Deben estar separadas unas de otras 11.5 ft aprox. y a 4.9 ft de los muros perimetrales

. Cámaras de espuma: Se colocaran con lo establecido en las Normas 11 y 11A de la NFPA.

13. Principales códigos y normas que aplican en el proyecto

Normas

Norma UNE EN 14214/2003. Los esteres metílicos de los ácidos grasos (FAME), denominados biodiesel, son productos de origen vegetal o animal, cuya composición y propiedades están definidas en la norma EN14214

European Standard 14214 Final Draft. October 2002

Apéndices

NOM-002-STPSSistema contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida

NOM-104-STPSSistema contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida

NOM-106-STPSSistema contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida

NOM-101-STPSFuncionamiento de extintores a base de espuma química

NOM-103-STPSextintores contra incendio a base de agua a presión contenida

NOM-114-STPSSistema para identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo

NOM-14-NFPA Sistemas fijos de agua y mangueras

NOM-72-NFPA Detectores a fuego automático

NOM-17-NFPA Polvos químicos

NOM-11-NFPA *Standard for from extinguisher systems*

NOM-11A-NFPA *Standard for high expansion from systems*

Las normas nuevas y modificadas de la ASTM para el biodiesel son las siguientes:

- LA ASTM [D975-08a](#), especificación para fueloil para los motores diesel — que se usa en aplicaciones diesel convencionales y todo terreno, que se modificó y ahora incluye las mezclas que contienen hasta un 5% de biodiesel;

Apéndices

- La ASTM [D396-08b](#), especificación para el fueloil— usado en sistemas de calefacción y en calderas, que se modificó y ahora incluye las exigencias para permitir las mezclas que contienen hasta un 5% de biodiesel; y
- La ASTM [D7467-08](#), especificación para las mezclas de biodiesel (B6 a B20) de fueloil para motores diesel — una especificación totalmente nueva que abarca las mezclas terminadas de combustibles que contienen entre 6% (B6) y 20% (B20) de biodiesel para ser usadas en motores diesel convencionales y todo terreno.

14. Protección personal.

Duchas: Sí

Tomas de aire: Sí


15. Condiciones climatológicas (tabla 17)

Promedios mensuales			
Enero	Prom. bajo: 65°F	Prom. alto: 76°F	Precip. promedio: 1.05 pulg
Febrero	Prom. bajo: 66°F	Prom. alto: 77°F	Precip. promedio: 0.3 pulg
Marzo	Prom. bajo: 69°F	Prom. alto: 80°F	Precip. promedio: 0.42 pulg
Abril	Prom. bajo: 73°F	Prom. alto: 84°F	Precip. promedio: 0.4 pulg
Mayo	Prom. bajo: 77°F	Prom. alto: 87°F	Precip. promedio: 1.22 pulg
Junio	Prom. bajo: 77°F	Prom. alto: 88°F	Precip. promedio: 6 pulg

Apéndices

Julio	Prom. bajo: 75°F	Prom. alto: 88°F	Precip. promedio: 8.8 pulg
Agosto	Prom. bajo: 75°F	Prom. alto: 88°F	Precip. promedio: 8.87 pulg
Septiembre	Prom. bajo: 75°F	Prom. alto: 87°F	Precip. promedio: 7.23 pulg
Octubre	Prom. bajo: 73°F	Prom. alto: 85°F	Precip. promedio: 4.05 pulg
Noviembre	Prom. bajo: 70°F	Prom. alto: 82°F	Precip. promedio: 1.49 pulg
Diciembre	Prom. bajo: 67°F	Prom. alto: 78°F	Precip. promedio: 0.45 pulg

Apéndices

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO HOJA DE DATOS DE BOMBAS	PROYECTO: Biodiesel MONREY DOCTO Bombas de proceso HOJA: 1 DE x	
CLIENTE: Universidad Nacional Autónoma de México PLANTA: Biodiesel MONREY LOCALIZACION parque industrial Cordoba .Veracruz CLAVE DEL EQUIPO: P-101 SERVICIO: PARTIDA: CANTIDAD REQUERIDA: USO REGULAR: ACCIONADOR: REPUESTO ACCIONADOR: FECHA: 09-dic-09 REVISADO POR: ELABORO: Ing.Ricardo Montes de Oca Francisco REVISION: A	LIQUIDO: aceite vegetal TEMP. DE BOMBEO, °C; (°F): 25;77 DENSIDAD kg/m3 : 900 PRESION DE VAPOR, Kg/cm ² a; (PSIA): 1 VISCOSIDAD, Pa.s; (cP): CORR./EROS. OCACIONADA POR: GASTO N., m ³ /hr;(GPM): 0.952;4.24 DIS, m ³ /hr;(GPM): PRESION DESCARGA, Kg/cm ² m;(PSIG): 3; 43.8 PRESION SUCCION, Kg/cm ² m;(PSIG): 1.50 PRESION DIF., Kg/cm ² ;(PSIG): 1.5;21.9 CARGA DIF., m ;(PIES): NPSH DISP. m; (PIES) : 54.48 POT. HIDRAULICA Kw; (HP): 1.22;2		
FABRICANTE	BASE	ALTERNATIVA	
FUNCIONAMIENTO	TAMAÑO Y TIPO		
	CURVA PROPUESTA		
	NPSH REQ. (PIES DE AGUA)/ N.suc.		
	No. DE PASOS/RPM		
	EFICIENCIA A CONDICIONES NOMINALES/BHP		
	MAX. BHP DEL IMPULSOR DE DISEÑO, m; (PIES)		
	MAX. CARGA DEL IMPULSOR DE DIS., m; (PIES)		
CAUDAL MIN. CONTINUO ESTABLE, m ³ /hr; (GPM)			
CONSTRUCCION	CARCAZA	MONTAJE	
		CORTE	
	IMPULSOR	MONTAJE	
		TIPO/ D. DISEÑO/D. MAXIMO	
	CHUMACERAS: RADIAL/EMPUJE		
	SELLO MECANICO:		
	PLAN DE ENFRIAMIENTO/PLAN SELLO		
	TUBERIA DEL PLAN DE SELLO SS		
	COUPLE SECO/GUARDACUPLE		
	MATERIALES:		
	BOQUILLAS	SUCCION: D./CLASE/CARA/POSICION	
		DESCARGA: D./CLASE/CARA/POSICION	
PRES.MAX.PERM. A F/PRUEBA HIDROST. (PSIG)			
TIPO DE LUBRICACION			
MOTOR E.	ENCERRAMIENTO		
	HP/RPM		
	VOLTS/FASES/HERTZ		
	CHUMACERAS		
	TIPO MOTOR		
	EFICIENCIA PREMIUM		
	LUBRICACION PARA EL MOTOR		

Apéndices



INTERCAMBIADOR DE CALOR CORAZA Y TUBOS

Proyecto: Biodiesel MONREY
Clave No. -
Cantidad 1 (Uno) Paquete
O.C. No. : -----
Requisición: ----
Rev.: A **Fecha:** 9/12/2008
Hoja: 1 **de** x

Cliente: <u>Un iversidad Nacional Autónoma de México</u> Servicio: <u>Intercambiador de vapor-metanol (E-201)</u> Calor Intercambiado: <u>306,000.00</u> kcal/hr Transferencia, Serv.: <u>vapor</u> kcal/m ² -hr-°C Superficie Total (Ef): <u>14.22</u> m ²	Planta: <u>PB-KU-A2</u> Sitio: <u>Activo Ku-Maloob-Zaap</u> Tipo/Tamaño: <u>(*)</u> Limpio: <u>(*)</u> kcal/m ² -hr-°C Superficie/Coraza : <u>(*)</u> m ²	Fabricante: <u>(*)</u> Orientación: <u>(*)</u> TMD (Corregida): <u>(*)</u> °C Coraza/Unidad: <u>(*)</u>
---	---	--

FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD

Fluido	LADO TUBOS (*)		LADO CORAZA (*)	
	MEZCLA DE METOH-NaOH		VAPOR	
Flujo Total	175		665	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
Flujo-METANOL	169		(*)	(*)
Peso Molecular	32		(*)	(*)
Densidad	800		(*)	(*)
Conductividad Térmica	200		(*)	(*)
Calor Específico	81.08		(*)	(*)
Viscosidad	0.554		(*)	(*)
Tensión Superficial	22		(*)	(*)
Flujo-NaOH	6	-		
Peso Molecular	40.00	(*)		
Densidad	2,110	(*)		
Conductividad Térmica	141	(*)		
Calor Específico	0.5386	-		
Viscosidad	0.014	(*)		
Calor Latente				
Flujo-Vapor de Agua				
Flujo Agua				
Temperatura de Operación	25	65	204.0	204
Pres. Operación (Atm=1.03 kg/cm ² a)	2	1.8	(*)	-
Caída de Presión	Permisible:	Calculada:	Permisible:	Calculada:
Velocidad		(*)		(*)
Coeficiente de Ensuciamiento				
Punto de Rocío				
Punto de Ebullición				
Presión Crítica				
Temperatura Crítica				

COMENTARIOS.

(*) Información que el vendedor deberá incluir o confirmar

- (11) Suministrar Orejas de Izaje en las tapas de los canales
- (12) Relevado de Esfuerzos requerido
- (13) Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura (PWHT) en Lado Cuerpo y Lado Tubos
- (14) La optimización de este intercambiador será durante la ingeniería de detalle



REVISIONES

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REVISADO	APROB.
-		-	-	-	-
-		-	-	-	-