



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL TICOMAN
INGENIERIA AERONAUTICA

SEMINARIO DE TITULACIÓN

**“ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION EN EL MANTENIMIENTO
DE AERONAVES”**

**“FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE BIODIESEL EN
MOTORES ALTERNATIVOS DE AVIACION”**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN AERONAUTICA**

PRESENTA
ABREU GONZALEZ DAVID
DIAZ MORA EDGAR

ASESORES
EDGAR LUNA LINARES
LEANDRO BRITO BARRERA

México D.F. 2008

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO
DEBERAN PRESENTAR: LOS CC. PASANTE:
ABREU GONZÁLEZ DAVID
DÍAZ MORA EDGAR

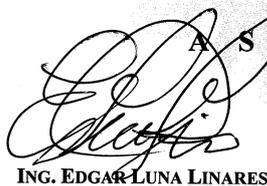
“FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DEL BIODIESEL EN MOTORES ALTERNATIVOS DE AVIACIÓN”

INTRODUCCIÓN
JUSTIFICACIÓN
OBJETIVO GENERAL
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
ALCANCE
BIOCOMBUSTIBLES
PROCESO DE OBTENCIÓN DEL BIODIESEL
EVOLUCIÓN DEL BIODIESEL
FACTIBILIDAD EN EL ANÁLISIS DE COSTOS DEL BIODIESEL
FACTIBILIDAD DEL BIODIESEL EN LA AVIACIÓN
CONCLUSIONES
REFERENCIAS DE LA WEB
BIBLIOGRAFÍA
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

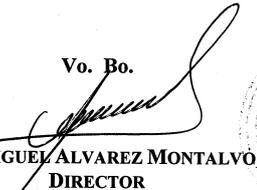
CAPÍTULO I
CAPÍTULO II
CAPÍTULO III
CAPÍTULO IV
CAPÍTULO V

México, DF., a 09 de octubre de 2008.

A S E S O R E S


ING. EDGAR LUNA LINARES


M. EN C. LEANDRO BRITO BARRERA

Vo. Bo.

ING. MIGUEL ALVAREZ MONTALVO
DIRECTOR



[Escribir el título del documento]

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres Alejandro Abreu y María Asunción González a quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme y la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podre pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo y que me han heredado el tesoro mas valioso que pueda darse a un hijo....Amor y Educación.

Dedicado a mis hermanos:

Alejandro quien por ser el mayor me ha sabido encaminar hacia mis objetivos dándome su apoyo incondicional "bien hecho hermano".

Miguel Ángel quien al ser reservado me ha dado siempre su apoyo y las herramientas para poder concretar mis metas "sin ti no hubiera podido".

Julio Cesar quien con su carisma y fuerza de voluntad me alienta a ser mejor cada día tomando su ejemplo "Eres grande hermano".

Fabiola "mi hermanita querida" quien me enseñó que los sueños sí existen y gran parte de lo que soy se lo debo a ella. Por tu apoyo incondicional, por tus desvelos y consejos "mi eterno agradecimiento a ti".

Para todos mis hermanos quienes me han apoyado incondicionalmente y alentado para que llevara esta etapa a su final, quienes sin su ayuda, no hubiera podido realizar esta importante etapa de mi vida, quienes siempre me han apoyado e impulsado para que nunca me rindiera.

A mi mejor amigo y compañero de este trabajo Edgar Díaz a quien considero como un hermano, quien me apoyo, escucho y aconsejo durante toda la carrera junto con toda su familia, va dedicado también este trabajo.

A mis buenos amigos y brothers Miguel Hernández y Edgar Peña con quienes compartí muchas aventuras también dedico este trabajo.

A mis maestros quienes con su sabiduría y experiencia supieron guiarme y transmitirme todos sus conocimientos para forjar mi educación. "Gracias"

Muchas Gracias!

David Abreu González

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme concluir otra etapa de mi vida, por darme la fuerza y energía para lograr lo que siempre quise, la culminación de esta formación. Y así poder transmitir y compartir esto con todas las personas que siempre me han apoyado e impulsado en el desarrollo de mi profesión, además, por haberme dado la oportunidad de crecer a lado de ellos.

A toda mi familia

Porque gracias a todos ellos, especialmente a mis padres y mi abuelita que siempre estuvieron ahí apoyándome en los momentos buenos y difíciles que se presentaron a lo largo de esta fase, pude concluir una de mis grandes metas, gracias por su amor, por su motivación y por el gran esfuerzo que todos realizaron día a día para que fuera posible esta importante etapa de mi vida.

A mis amigos

Esta pequeña fase de mi vida lo comparto con mis hermanos del alma Juanito, David, Alejandro, Edgar y Miguel que siempre estuvieron ahí apoyándome cuando los necesitaba, compartiendo alegrías, triunfos y fracasos gracias por esa lealtad, honestidad, apoyo y cariño, se los brindo.

A mi mejor amigo

*Gracias amigo mío hermano del alma David Abreu González por estar conmigo siempre, por escucharme y apoyarme en momentos difíciles y alegres en mi vida por brindarme ese gran cariño esa gran confianza .Al fin se concluye otra pequeña etapa en nuestra vida .
Le doy gracias a tu familia por el gran apoyo que me brindaron, por esa gran atención que tuvieron hacia mí y sobre todo por ese gran afecto y cariño. Siempre los considerare como mi familia.*

Al amor de mi vida.

Aunque llegaste un poco tarde a mi vida lise te doy gracias por ese gran apoyo, cariño y comprensión que me brindaste durante todo el transcurso de esta pequeña etapa, me llenaste de alegría, felicidad y motivación todos estos días. Te amo

Edgar Díaz Mora.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
ALCANCE	9
CAPITULO I BIOCOMBUSTIBLES	
1.1 Qué son los Biocombustibles?	11
1.2 Tipos de Biocombustibles.	12
1.2.1 Bioetanol.	12
1.2.2 Biodiesel.	12
1.2.3 Biogás.	13
1.3 Ventajas y desventajas de los Biocombustibles.	14
1.3.1 Ventajas.	14
1.3.2 Desventajas.	16
1.4 Consumos de Biocombustibles a nivel mundial	17
CAPITULO II PROCESO DE OBTENCIÓN DEL BIODIESEL.	
2.1 Transesterificación alcalina.	19
2.2 Desgomado.	21
2.3 Neutralización, lavado y secado.	22
2.4 Esterificación ácida de los ácidos grasos libres (AGL).	23
2.5 Filtrado y secado.	25



2.6 Winterización.	25
2.7 Transesterificación.	25
2.8 Transesterificación en dos etapas.	27
2.9 Transesterificación alcalina con etanol.	28
2.10 Postratamiento del biodiesel.	29
2.11 Postratamiento de la glicerina.	29
2.12 Transesterificación por catalizador.	30

CAPITULO III EVOLUCIÓN DEL BIODIESEL

3.1 Evolución de los Biocombustibles.	34
3.2 Las algas gran alternativa para biocombustibles.	35
3.2.1 Obtención.	37
3.2.2 Evolución.	38
3.3 Evolución técnica del Biodiesel.	40

CAPITULO IV FACTIBILIDAD EN EL ANÁLISIS DE COSTOS DEL BIODIESEL

4.1 Análisis de costos.	43
4.2 Capacidades para diferentes plantas de biodiesel.	48
4.3 Precio de biodiesel en U\$S ante diferentes cotizaciones del aceite.	50
4.4 Flujo de fondos (cash flow).	51

CAPITULO V FACTIBILIDAD DEL BIODIESEL EN LA AVIACIÓN

5.1 Factibilidad técnica de la aplicación en motores alternativos.	59
5.2 Factibilidad de parámetros de acuerdo a Normatividades. Internacionales.	62
5.3 Factibilidad en la utilización de Biodiesel en la aviación.	64



CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS DE LA WEB	66
BIBLIOGRAFÍA.	67
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS	68



INTRODUCCIÓN

Debido a que los gobiernos pretenden disminuir su dependencia de los combustibles fósiles y con ello lograr mayor seguridad energética, ha surgido un gran interés por los Biocombustibles.

Tanto los combustibles fósiles como los Biocombustibles, tienen origen biológico. Toda sustancia susceptible de ser oxidada puede otorgar energía. Si esta sustancia procede de plantas, al ser quemada devuelve a la atmósfera dióxido de carbono que la planta tomó del aire anteriormente. Las plantas, mediante la fotosíntesis, fijan energía solar y dióxido de carbono en moléculas orgánicas.

El petróleo es energía proveniente de fotosíntesis realizada hace millones de años concentrada. Al provenir de plantas de hace millones de años, su cantidad es limitada.

En el caso de los Biocombustibles, la sustancia a ser quemada proviene de fotosíntesis reciente, por eso se afirma que la utilización de biocombustibles no tiene impacto neto en la cantidad de dióxido de carbono que hay en la atmósfera. Algunos la consideran energía renovable en el sentido que el ciclo de plantación y cosecha se podría repetir indefinidamente, teniendo en cuenta que no se agoten los suelos ni se contaminen los campos de cultivo.

Hay una tendencia hacia una explotación de los recursos naturales no renovables, sobre todo de aquellos en los cuales se basa la civilización actual, tales como el petróleo, el hierro, el carbón, etc. El medio ambiente se está deteriorando por la contaminación.

En la siguiente investigación se hablará acerca de los Biocombustibles su importancia así como también se hablará sobre la factibilidad de producción, utilización, proceso y la aplicación en motores alternativos de aviación que consumen el Biodiesel.



En el primer capítulo se definirá lo que son los Biocombustibles y se hablará acerca de su importancia, algunos de los diferentes tipos que existen y algunas ventajas y desventajas en la utilización de este tipo de Biocarburante.

En el segundo capítulo explicaremos el propio proceso de producción del biodiesel: la transesterificación, incluyendo los pasos necesarios de pretratamiento del aceite para asegurar su calidad adecuada, así como los de postratamiento del biodiesel para purificarlo de manera que cumpla con sus especificaciones técnicas. También se hace mención a los subproductos del proceso, especialmente la glicerina.

En tercer capítulo se mostrara la evolución del biodiesel mediante el proceso con algas marinas y la evolución técnica que tiene en motores alternativos.

En el cuarto y quinto capítulo se observara la factibilidad que tiene al analizar los costos de producción del Biodiesel, así como también la factibilidad en su utilización en motores alternativos de aviación.



JUSTIFICACIÓN

Se buscan maneras viables para contrarrestar el efecto invernadero sin afectar el crecimiento económico.

Se sabe que los Biocombustibles pueden reemplazar parcialmente a los combustibles fósiles ya que hoy en día se necesitan nuevas tecnologías energéticas.

El motivo de esta investigación es hacer conciencia y empezar a trabajar con nuevas fuentes de energía ya que tarde o temprano el petróleo será cada vez más escaso.

Se contempla un gran avance y desarrollo en esta época y largo plazo. Por esta razón se hace una investigación analizando los puntos más importantes en la utilización del Biodiesel en motores alternativos de aviación.



OBJETIVO GENERAL

Estudiar la factibilidad del Biodiesel en el desarrollo y aplicación en motores alternativos de aviación, junto con un análisis de costo de producción en la implementación de este Biocarburante.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir los diferentes tipos de Biocombustibles.
2. Conocer el proceso de obtención del Biodiesel.
3. Mostrar la evolución de la tecnología del Biodiesel.
4. Elaborar un análisis de costos del Biodiesel.
5. Analizar la factibilidad del Biodiesel en la aviación.



ALCANCE

En esta investigación se pretende crear un criterio más amplio, acerca de la relevancia, importancia y utilización del Biodiesel en el impacto y el avance tecnológico que estos van teniendo. Así como la factibilidad que puede tener hoy en día en su utilización en motores alternativos de aviación.



CAPITULO I

BIOCOMBUSTIBLES



1.1 QUE SON LOS BIOCOMBUSTIBLES?

Los Biocombustibles son combustibles de origen biológico obtenido de manera **renovable** (ver sección de **Glosario de Términos y Acrónimos**), a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas **oleaginosas**.

A diferencia de los combustibles fósiles que provienen de la energía almacenada durante largos períodos de tiempo, los Biocombustibles provienen de la biomasa, o materia orgánica que constituye todos los seres vivos del planeta.

La biomasa es una fuente de energía **renovable** pues su producción es mucho más rápida que la formación de los combustibles fósiles.

Los biocombustibles son a menudo mezclados con otros combustibles en pequeñas proporciones, 5%, 10% o 20% proporcionando una reducción útil pero limitada de gases de efecto invernadero. (ver sección **Referencias de la Web**[1][2])



1.2 TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES.

Actualmente se pueden encontrar tres grandes tipos de biocombustibles: bioetanol, Biodiesel y biogás, los cuales a continuación se describen en forma breve:

1.2.1 BIOETANOL.

El bioetanol se produce principalmente mediante la fermentación de granos ricos en azúcares o almidón, por ejemplo los cereales, la remolacha azucarera y el sorgo. Mezclado con la gasolina convencional, normalmente como aditivo al 5%, puede utilizarse en los motores modernos de explosión que no han sufrido modificación.

Los motores modificados, tales como los utilizados en los llamados vehículos de uso flexible de carburante, pueden funcionar con mezclas de etanol, así como con bioetanol puro y gasolina convencional.

1.2.2 BIODIESEL.

El biodiesel es el otro gran pilar de los biocombustibles. Se obtiene principalmente de plantas oleaginosas, tales como la colza, soja, girasol, palma, higuera, y también se puede utilizar los aceites de fritura usados y las grasas animales. Los aceites extraídos se transforman mediante transesterificación hasta producir biodiesel.

El biodiesel se utiliza en los motores de compresión, normalmente en forma de mezcla al 5% en los vehículos, hasta el 30% en los autobuses urbanos y a menudo también en forma pura en los motores modificados.

Aunque el primer motor diesel de la historia se diseñó, allá por 1900, para funcionar con aceite vegetal, el bajo precio que por entonces tenía el petróleo hizo que enseguida ocupase el lugar de aquel. Más de un siglo después, estos motores admiten el uso de biodiesel, que no es sino aceite vegetal modificado, con unas propiedades muy



parecidas a las del diesel convencional. De hecho, este producto se utiliza actualmente en más de 25 países de todo el mundo.

Existe una gran diversidad de fuentes de las que se pueden obtener las materias primas correspondientes para la producción de biocombustibles. Con un buen manejo, dada la variedad de la biomasa, esto representa un panorama alentador para los agricultores: grandes mercados adicionales y, por ende, una mejora en la cadena productiva del sector.

Pero los beneficios de fabricar biocombustibles en el país van mucho más allá, pues produciría una larga generación de empleo a través del aprovechamiento de tierras ociosas, menos emisiones contaminantes, más captura de dióxido de carbono (ya que al estar elaborados a partir de materia vegetal, el CO₂ emitido durante su combustión corresponde al que fue anteriormente absorbido durante el crecimiento).

También se tiene el beneficio de la seguridad de que el 90% de la inversión quedará en la localidad donde se cultive la fuente para obtener biomasa y se produzcan los biocombustibles la magnitud económica de este asunto se puede entender perfectamente con un ejemplo, esta vez en positivo: el consumo de energías renovables evitara la emisión de entre 31 y 62 millones de toneladas de CO₂. **(ver Referencias de la Web[10])**

1.2.3 BIOGÁS.

Con el término biogás se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias. El biogás se produce en un recipiente cerrado o tanque denominado **biodigestor** el cual puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico.

El **biodigestor**, de forma cilíndrica o esférica posee un ducto de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica (por ejemplo, estiércol animal o humano, las





aguas sucias de las ciudades, residuos de matadero) en forma conjunta con agua, y un ducto de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el biodigestor. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan **afluente** y **efluente** respectivamente. El proceso de **biodigestión** que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás.

Después de definir los diferentes tipos de biocombustibles, se observa de forma general la importancia que tienen estos y el impacto que pueden llegar a tener hoy en día, para nuestro caso se analizara únicamente el Biodiesel su proceso, su evolución y su aplicación que se describirán en los siguientes capítulos.

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.

A continuación se describen algunas de las ventajas y desventajas que existen en los Biocombustibles y el impacto que existe en el medio ambiente hoy en día a causa de su producción y desarrollo.

1.3.1 VENTAJAS.

La primera ventaja de una cierta cantidad de fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables. Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario.

Los biocombustible cuenta con numerosas propiedades que lo hacen muy atractivo en relación a los otros combustibles: posee una producción renovable, no contiene azufre, reduce las emanaciones de CO₂, CO, partículas e hidrocarburos aromáticos, se degrada más rápidamente, es menos irritante para la epidermis humana y resulta más seguro para transportar y almacenar.



Las ventajas que brinda en materia ecológica son significativas, entre ellas que si se derrama en el agua se descompone diez veces más rápido, no afecta al **fitoplancton**, tampoco a los peces y además en mezclas mejora la combustión de los diesel y baja el tenor de liberación de azufre en el medio ambiente.

En términos de rentabilidad, la alternativa trae ganancias en tanto y en cuanto sea utilizado a pequeña escala, pudiendo favorecer a productores, cooperativas que brinden servicios o grupos de pequeños productores. En este sentido, cuando los insumos se usan en productos finales y un productor agropecuario realiza la pequeña inversión del orden de los 40 o 50 mil pesos, ahí la rentabilidad de la soja le aumenta en un 10, 12 % para el área que usa para hacer aceite, mientras que la de girasol puede aumentar a un veinte por ciento debido a que se eliminan los costos de pagos intermedios.

Sin embargo, es posible recibir fondos si se gestionan de manera adecuada. El desarrollo de energías alternativas tiene la posibilidad de recibir bonos de carbono pero depende del tipo de proyecto, cuanto más limpio, más el valor del bono y mayor la posibilidad de recibirlo. De igual manera tenemos:

1. Desarrollo sostenible tanto en agricultura como en energía.
2. Menor impacto ambiental:
3. Reducción de las emisiones contaminantes: CO₂, partículas, humos visibles, hidrocarburos y compuestos aromáticos.
4. Mejor calidad del aire. Efectos positivos para la salud, ya que reduce compuestos cancerígenos.
5. Reduce el calentamiento global: Reduce el CO₂ en el ambiente cumpliendo el protocolo de Kyoto. **(ver Referencias de la Web[3])**
6. Balance energético positivo (3, 24:1).
7. 80% Del ciclo de vida decrece en CO₂.
8. Producto biodegradable: Se degrada el 85% en 28 días.
9. Desarrollo local y regional:



1.3.2 DESVENTAJAS.

En la producción de Biocombustibles en México se agudiza la crisis y dependencia alimentarias, ya que emplear etanol exige destinar 700 mil hectáreas en lo inmediato para la producción de caña de azúcar, maíz y sorgo, y en dos décadas un millón 700 mil, lapso en el que aumentará el gasto en importaciones de alimentos.

No se resuelven los efectos del cambio climático:

La disputa por el agua para alimentos y biocombustibles se agudiza. Actualmente se utilizan en México 9 millones de litros por hectárea para la agricultura. Plantíos como la caña de azúcar consumen volúmenes cercanos a 20 millones, por lo que el incremento de la superficie destinada a la producción de materia prima para obtener etanol y la necesidad de garantizar rendimientos desviarán una importante cantidad del líquido.

Contar con una superficie de 700 mil hectáreas para la producción de Biocombustibles demandaría 6.7 mil millones de litros, y en sólo una década la demanda de agua puede incrementarse a 10.5 mil millones de litros.

La producción de etanol no solucionará el requerimiento de **oxigenantes** para la gasolina, ya que en 40 años volveremos a encontrarnos en conflictos como los actuales, pero con una agricultura más vulnerable.

Hoy día, el país gasta mil 800 millones de dólares en importación de éteres para la gasolina, mientras en compras al exterior de granos y oleaginosas invierte 5 mil millones de dólares, suma que se eleva a 12 mil millones si se consideran los alimentos procesados y bebidas.



Es preocupante que se promuevan soluciones falsas, que no son sostenibles ni sustentables, y no se priorice la producción de alimentos para consumo humano. **(Ver Referencias de la Web[11])**

1.4 CONSUMOS DE BIOCOMBUSTIBLES A NIVEL MUNDIAL.

Los **biocarburantes** no podrán sustituir totalmente a los combustibles fósiles, pero sí complementarlos en forma de diferentes mezclas con el fin de reducir la dependencia respecto del petróleo, a diferencia de otras alternativas que son excluyentes (por ejemplo, los gases licuados del petróleo) y necesitan cierta duplicación del sistema motor. En el mismo sentido, los biocarburantes pueden utilizar la misma red logística de distribución que los combustibles fósiles.

Además, es importante recordar que uno de los principales impulsos del actual desarrollo de los biocarburantes está relacionado con sus características medioambientales, y en especial, con el hecho de que son la medida de mayor efecto para disminuir las emisiones del sector transporte y reducir su efecto en relación con el cambio climático.

Las actuales políticas de introducción de biocarburantes para el sector transporte son:

- Unión Europea: 5,75% para 2010 y 8% para 2020 en contenido energético, dentro de un Plan Europeo global de sustituir el 20% de los combustibles convencionales por combustibles alternativos para 2020.
- Estados Unidos: 4% para 2010 y 20% para 2030.
- Brasil: 25% de mezcla obligatoria de bioetanol en gasolinas
- Canadá: según la región, de 7.5% a 10% de mezcla obligatoria de bioetanol en gasolinas.
- China: 10% de mezcla obligatoria de bioetanol en gasolinas en varias provincias.
- Argentina: 5% de mezcla obligatoria de bioetanol en gasolinas para los próximos cinco años. **(Ver Referencias de la Web[3])**



CAPITULO II

PROCESO DE

OBTENCIÓN DEL

BIODIESEL



2.1 TRANSESTERIFICACIÓN ALCALINA.

La transesterificación alcalina es el proceso más simple y más utilizado para fabricar Biodiesel. Sin embargo, requiere de un aceite con bajo contenido de ácidos grasos libres, agua y otras impurezas, o de procesos adicionales de pretratamiento de la materia prima para asegurar esta calidad.

Además, requiere de pasos posteriores de postratamiento del biodiesel para reducir su contenido de impurezas procedentes del proceso, principalmente restos de catalizador, y de postratamiento de la glicerina para purificarla parcialmente e incrementar su valor de mercado.

Es por esto que otros procesos han sido desarrollados para aceites menos puros, para mejorar el rendimiento de la transesterificación, o para intentar acelerarla, pero sin embargo su uso aún no está generalizado.

En los siguientes párrafos se describirán las etapas del proceso de producción de biodiesel por transesterificación alcalina.

La mayor parte del biodiesel se produce a partir de aceites comestibles semirrefinados con buenas características de acidez y humedad. Sin embargo, existe gran cantidad de aceites y grasas de menor calidad y menor costo que también podrían ser convertidos en biodiesel (por ejemplo, aceites vegetales crudos, grasas animales y aceites usados o residuales). El problema para procesar estas materias primas baratas es que suelen tener grandes cantidades de ácidos grasos libres (ver Tabla 1), gomas, humedad y otras impurezas que afectan el proceso de transesterificación alcalina.



Materia prima	Rango de acidez
Aceites de cocina usados	2 – 7%
Grasas animales	5 – 30%
Grasas de trampas de grasa	Cerca de 100%

Tabla 1: Acidez aproximada de algunas materias primas baratas (**Van Gerpen 2005**)¹

Por eso, el aceite para producir biodiesel debe ser refinado parcialmente, con el objetivo de:

- Eliminar gomas, que podrían resultar en formación de emulsiones durante el proceso.
- Eliminar fosfáticos, de manera que los efluentes del proceso no tengan fosfatos y se reduzcan sus costos de tratamiento.
- Eliminar ácidos grasos libres, para facilitar la transesterificación y posteriormente la purificación de la glicerina.
- Eliminar ceras, para mejorar el desempeño en frío del biodiesel.
- Eliminar otros contaminantes, y obtener una mejor calidad de la glicerina.

Esta refinación parcial (pretratamiento) puede incluir los siguientes procesos:

- Desgomado (en los aceites que tienen gomas, como el de soya y semilla de algodón).
- Neutralización (en los aceites con alta acidez, como el de palma).
- Lavado (para eliminar residuos de la neutralización).
- Secado (para eliminar el contenido de agua).

¹ **Van Gerpen** autor de, *The Biodiesel handbook--The History of Vegetable Oil-Based Diesel Fuels -- The Basics of Diesel Engines and Diesel Fuels -- Biodiesel Production -- Analytical Methods for Biodiesel -- Fuel Properties -- Exhaust Emissions -- Current Status of the Biodiesel Industry -- Other Uses of Biodiesel -- Glycerol*



Si la acidez del aceite es muy alta, la neutralización no es conveniente porque implica la pérdida de los ácidos grasos libres en forma de jabones. Entonces, el proceso de refinación sugerido es:

- Desgomado.
- Esterificación ácida.
- Secado.

Finalmente, para mejorar las propiedades de flujo en frío del biodiesel, se puede requerir un proceso de fraccionamiento o winterización, con el fin de separar las fracciones con mayores puntos de fusión del aceite.

2.2 DESGOMADO.

El desgomado con agua es la forma más simple de reducir la cantidad de **fosfolípidos** y **fosfátidos** en los aceites. El aceite se calienta a aproximadamente 90°C, se agrega pequeñas cantidades de agua para hidratar las gomas y hacerlas insolubles en el aceite. La cantidad de agua a usar debe ser similar al peso seco de las gomas a remover.

Después de unos 5 minutos las gomas hidratadas pueden ser removidas por centrifugación. Las impurezas que se pueden eliminar por este método son fosfátidos hidratables, **triglicéridos ocluidos** y otros compuestos solubles en agua como azúcares.

El proceso arriba descrito sólo permite la remoción de las gomas hidratables. Por eso, a veces se utiliza **ácido cítrico** y/o **ácido fosfórico** para mejorar la velocidad y la eficacia del proceso y permitir la separación de las gomas no hidratables. El ácido puede estar disuelto en agua para facilitar la separación y luego el aceite es lavado con agua.



2.3 NEUTRALIZACIÓN, LAVADO Y SECADO.

Aceites con un contenido de hasta 5% de ácidos grasos libres pueden ser procesados con catálisis alcalina añadiendo mayor cantidad de **catalizador** para compensar las pérdidas en el jabón. El jabón que se produce es eliminado en el **glicerol** y/o durante el proceso de lavado con agua, y la única desventaja de este proceso es la pérdida de materia prima en jabones en lugar de biodiesel.

Aceites con más del 5% de **AGL** no pueden ser transesterificados por catálisis alcalina, porque los jabones inhibirían la separación del biodiesel de la glicerina y además llevarían a la formación de emulsiones durante el lavado. Para superar este problema existen dos alternativas: la neutralización del aceite o la esterificación ácida de los ácidos grasos libres.

La neutralización consiste en hacer reaccionar el aceite con una sustancia alcalina como el **hidróxido de sodio** para eliminar los ácidos grasos libres, responsables de su acidez. El aceite se calienta a 85°C (en caso de aceites muy ácidos a 65°C) y se aplica hidróxido de sodio diluido en una cantidad tal que neutralice los ácidos en el aceite y con un exceso que favorezca la separación de los jabones y evite la formación de emulsiones. Este exceso puede variar entre 10% y 30% para aceites de baja acidez (hasta 1%) y entre 30% y 50% para aceites de alta acidez.

Cuando el **álcali** reacciona con los AGL, el resultado es un jabón:



AGL Álcali Jabón Agua.

Este jabón se separa luego centrifugando la mezcla de grasa y jabón. Después, el aceite o grasa se lava con agua una o dos veces para eliminar las últimas trazas de jabón y se centrifuga nuevamente. Finalmente, el material refinado se seca en un secador de vacío para eliminar el agua residual.



Aunque la finalidad del tratamiento con álcalis es la eliminación de los ácidos grasos libres, este proceso puede dar lugar también a una reducción significativa del contenido de fosfolípidos y de la materia coloreada.

Existen así mismo procesos de neutralización en frío, con los que los aceites que contienen ceras (como el de girasol) pueden ser al mismo tiempo neutralizado y winterizados. Este proceso previene la formación de sólidos en el biodiesel a bajas temperaturas (Westfalia Separator Food Tec, 2007)².

2.4 ESTERIFICACIÓN ÁCIDA DE LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES (AGL)

La esterificación ácida es otra manera de deshacerse de los ácidos grasos libres en el aceite, pero permite, al contrario de la neutralización, reaprovecharlos para producir biodiesel también a partir de ellos. Esta reacción funciona de la manera siguiente:

1 ácido graso + 1 metanol----catalizador acido----- > 1 biodiesel + 1 agua

Al aceite caliente se agrega metanol en cantidad adecuada para reaccionar con los AGL, utilizando ácido sulfúrico como catalizador. Luego de la reacción, se separa el agua mediante decantación o centrifugación, y lo que queda es una mezcla de aceite (triglicéridos) y biodiesel con menos de 1% de ácidos grasos libres. Con esta mezcla ya se puede realizar una transesterificación alcalina tal como se describirá en la siguiente sección.

Una de las dificultades de este proceso es la presencia de agua. La acumulación de agua que se va produciendo durante la esterificación puede llegar a detener la reacción antes de que sea completa. Para solucionar este problema es necesario trabajar en

² Westfalia Separator Food Tec es una de las empresas líderes a nivel mundial en el suministro de instalaciones completas basadas en tecnología de separación centrífuga para el procesamiento de alimentos.



dos o más etapas para ir separando el agua antes de continuar la esterificación (**Van Gerpen, 2005**)³.

Otra desventaja es la gran cantidad de metanol necesaria: mientras que con la catálisis alcalina se requiere una cantidad de 6 moles de alcohol por cada mol de triglicérido (razón molar de 6:1), se han encontrado que con la catálisis ácida se necesita entre 30:1 y 50:1.

Finalmente, otro problema es el uso de ácido sulfúrico: este insumo, por su alta corrosividad, requiere de tanques con materiales costosos (acero inoxidable de muy alta calidad), y además su utilización produce efluentes ácidos contaminantes. Es por

esto que la esterificación ácida se justifica sólo si las materias primas a utilizar tienen un contenido de AGL realmente alto.

Se propuso el uso de **sulfato férrico** como catalizador para la esterificación ácida. En los experimentos, se encontraron que este catalizador es ventajoso porque es sólido (catalizador heterogéneo), de manera que es fácilmente separable de los productos, es reutilizable y no contamina los efluentes (por la misma razón). También es más eficiente que el ácido sulfúrico:

Con una cantidad de catalizador de 2% en peso, una razón molar de 10:1 de metanol a triglicéridos (mucho menor a la necesaria cuando se trabaja con ácido sulfúrico) y una temperatura de reacción de 95 °C, se alcanzó una conversión de 97% de los ácidos grasos libres de un aceite usado en biodiesel. Además, el sulfato férrico no requiere de equipamiento tan costoso porque es menos corrosivo.

³ **Van Gerpen** autor de, *The Biodiesel handbook--The History of Vegetable Oil-Based Diesel Fuels -- The Basics of Diesel Engines and Diesel Fuels -- Biodiesel Production -- Analytical Methods for Biodiesel -- Fuel Properties -- Exhaust Emissions -- Current Status of the Biodiesel Industry -- Other Uses of Biodiesel -- Glycerol*



2.5 FILTRADO Y SECADO.

Si la materia prima es algún aceite crudo, o aceite usado previamente en frituras, es posible que contenga humedad e impurezas sólidas. Para el caso de la humedad, es necesario secar el aceite mediante evaporación al vacío o mediante el uso de sales absorbentes. Para separar las impurezas sólidas, basta un proceso de filtrado en caliente antes de la transesterificación.

2.6 WINTERIZACIÓN.

La winterización es un método para la eliminación de ciertos constituyentes (ceras, o triglicéridos mismos), que aunque solubles a temperaturas media y alta, cristalizan y enturbian el aceite en climas fríos. El proceso consiste en enfriar el aceite por cierto periodo y filtrarlo en un filtro-prensa o con filtros de baja presión a temperaturas que estén un par de grados por debajo de aquellas a las que el aceite se enturbia.

El aceite se enfría con agua fría o salmuera, o enfriando el aire del edificio donde esté almacenado. El enfriamiento debe ser muy lento para lograr que se formen cristales grandes y facilitar la filtración. En la producción de biodiesel, este proceso puede ser aplicado al aceite, o directamente al mismo biocombustible.

2.8 TRANSESTERIFICACIÓN.

Volviendo a la reacción química de la transesterificación, se ha visto que químicamente ésta equivale a:



Sin embargo, en la práctica se necesita más de 3 alcoholes por cada triglicérido para que la reacción ocurra completamente. Si no se usa este exceso de alcohol, el producto obtenido no será biodiesel puro: consistirá en una mezcla de biodiesel, triglicéridos sin reaccionar, y productos intermedios como los **monoglicéridos** y



diglicéridos. Estas impurezas pueden afectar las características del combustible, además de tener efectos indeseados como producir depósitos carbonosos en el motor, taponeo de los filtros, combustión incompleta, etc.

Igualmente, para que la reacción se lleve a cabo, también se ha visto que se necesita la presencia de un catalizador y de ciertas condiciones de reacción (tiempo, temperatura, agitación). Asimismo, hemos visto que la calidad del aceite es uno de los condicionantes más importantes para que la transesterificación se lleve a cabo adecuadamente y que debe asegurarse con un análisis químico previo y, si es necesario, con un pretratamiento adecuado.

Los siguientes pasos de la transesterificación alcalina, son:

- La primera operación consiste en disolver el catalizador sólido (hidróxido de sodio o potasio – NaOH o KOH) en el alcohol (metanol o etanol). La cantidad de catalizador a utilizar depende de la acidez del aceite, pero suele variar entre un 0,5 y 1%. Se necesita aproximadamente media hora de agitación constante para lograr una disolución completa. Si se trabaja con un catalizador líquido (metilato de sodio) no se requiere este paso.
- Luego se realiza la transesterificación propiamente dicha. Para ello, se necesita un reactor cerrado herméticamente, con agitación constante y calor. En plantas de producción pequeñas este proceso se realiza por lotes, pero en plantas de gran escala se realiza en **reactores de flujo continuo**. En este reactor se mezclan el aceite y el metanol con el catalizador disuelto y se agita durante una hora. Para que la reacción sea completa se requiere un tiempo de reacción de 1 hora a 60 °C de temperatura, o de 4 horas a 32 °C de temperatura



- La transesterificación resulta en la separación de dos fases: una fase más viscosa y densa, que consiste en una mezcla de glicerol, jabones, catalizador, metanol y agua (denominada glicerol crudo), y una fase más liviana, que consiste en los metil-ésteres (el biodiesel), también con metanol, una menor proporción de catalizador y jabones, y mono-diglicéridos (en caso que la reacción no haya sido completa). Se requiere de un tanque decantador donde ambas fases se puedan separar por gravedad, o de una centrífuga para separarlas más rápidamente. Asimismo, se puede añadir agua luego de la transesterificación para mejorar la separación del glicerol. A partir de este punto, se separan dos líneas de proceso: una para purificar los metil-ésteres, y otra para purificar y recuperar el glicerol.

2.8 TRANSESTERIFICACIÓN EN DOS ETAPAS

Plantas de producción realizan la transesterificación del aceite en dos etapas. El objetivo de este método es reducir la cantidad de metanol que interviene en la transesterificación, y mejorar la eficiencia de la reacción, consiguiendo altas tasas de transformación del aceite en biodiesel y una mayor pureza del producto.

Este proceso consiste en agregar sólo una parte de la mezcla de alcohol y catalizador en cada etapa y separar el glicerol después de cada etapa. Usualmente, se agrega primero un 80% del alcohol y catalizador al aceite, se realiza la transesterificación, se separa el glicerol, y el producto se lleva a una segunda reacción con el 20% de alcohol y catalizador restante (Van Gerpen, 2005).

Su fundamento reside en una característica importante de la reacción química de transesterificación: que es una reacción de equilibrio. Las reacciones de equilibrio pueden ocurrir en los dos sentidos.

En el caso de la transesterificación, el aceite y el alcohol reaccionan para producir ésteres metílicos y glicerol, pero igualmente los ésteres metílicos pueden reaccionar



con el glicerol para producir triglicéridos y alcohol nuevamente. Cuando se mezclan el aceite, alcohol y catalizador, la reacción transcurre hasta que alcanza un punto de equilibrio en el que ya no se generan más productos. La reacción ocurre en ambos sentidos al mismo tiempo y está en un equilibrio dinámico.

Como el objetivo del proceso es obtener la mayor cantidad de ésteres, lo ideal es desplazar lo más posible este equilibrio hacia la derecha de la reacción (es decir, hacia los productos). Hay dos maneras de hacerlo: agregar más insumos (es por esto que se utiliza una razón molar alcohol: aceite de 6:1 en lugar de 3:1), o quitar parte de los productos.

Al realizar la reacción en dos etapas estamos justamente quitando uno de los productos (el glicerol) y forzando a la reacción a avanzar aún más para producir ese glicerol faltante para restablecer el equilibrio.

2.10 TRANSESTERIFICACIÓN ALCALINA CON ETANOL

En muchos países se está experimentando con la transesterificación utilizando etanol en lugar de metanol. Las ventajas de este proceso serían la procedencia renovable del alcohol (caña de azúcar, remolacha, maíz, etc.) y su mucha menor toxicidad. Sin embargo, la producción de ésteres etílicos es difícil en comparación con la de ésteres metílicos, debido principalmente a la fácil formación de emulsiones estables que dificultan severamente la separación del biodiesel y el glicerol y la purificación del biodiesel. Se requiere mucho mayor cuidado con la pureza de los insumos así como con los parámetros de reacción – tiempo, temperatura, agitación – para asegurar el éxito.



2.11 POSTRATAMIENTO DEL BIODIESEL.

Luego de la transesterificación y la separación de las dos fases biodiesel y glicerol se requiere de un postratamiento para asegurar que el biodiesel cumpla con los estándares de calidad exigidos, pues éste aún contiene impurezas derivadas del proceso: parte del metanol en exceso, posiblemente jabones, y trazas de catalizador.

Los metil-ésteres se someten a temperatura y vacío para evaporar el metanol y recuperarlo, y luego son llevados a un proceso de lavado para separar todas las impurezas. El lavado se realiza con agua acidulada (con ácido fosfórico o ácido cítrico) que se mezcla con el biodiesel. El ácido neutraliza el catalizador residual presente y separa los jabones que se puedan haber formado en la reacción.

Los jabones se convierten en ácidos grasos libres (que se quedan en el biodiesel) y en sales solubles en agua. Así, los restos de catalizador, jabón, sales, glicerina y metanol se quedan en el agua de lavado. Este lavado se realiza al menos dos veces con agua nueva cada vez, hasta que se halla eliminado todo el residual de catalizador alcalino y el efluente tenga un color claro. Finalmente, los metil-ésteres lavados se secan (con calor y vacío) para separar toda el agua restante y se filtran. El producto de este proceso es el biodiesel terminado.

2.12 POSTRATAMIENTO DE LA GLICERINA.

El glicerol crudo, que en realidad contiene solamente un 50% de glicerol, es un subproducto de poco valor en esta forma (ya que contiene gran cantidad de jabones, catalizador alcalino y metanol), y además peligroso debido al metanol. Para poder aprovecharlo, debe ser purificado de la siguiente manera:

- Primero es llevado a un proceso de acumulación (se añade ácido sulfúrico o fosfórico) para separar 3 fases: el glicerol propiamente dicho (con metanol aún disuelto), ácidos grasos libres (provenientes del aceite), y una fase sólida que



consiste en sales formadas entre el catalizador alcalino y el ácido agregado en esta etapa. Si se utiliza hidróxido de potasio como catalizador de la transesterificación y ácido fosfórico para la neutralización del glicerol, la sal que se forma es fosfato de potasio, producto que puede ser utilizado como fertilizante

- El glicerol resultante sólo necesita ser separado del metanol (mediante evaporación–temperatura y vacío – y condensación del metanol) y así tendrá una pureza de aproximadamente 85%. En esta forma ya está listo para su venta a otros procesos industriales que lo refinan aún más, o que requieran este insumo en este estado.
- El metanol recuperado tanto de los metil-ésteres como del glicerol suele contener agua derivada del proceso y por lo tanto debe ser rectificado (es decir, destilado para separarlo del agua) antes de volver a utilizarlo en el proceso. Si se está trabajando con etanol, este paso es más complejo ya que el etanol forma mezclas estables con el agua, y se requiere además de la destilación un filtro molecular para separarlos completamente (Van Gerpen, 2005).

2.13 TRANSESTERIFICACIÓN SIN CATALIZADOR:

Metanol supercrítico

Como hemos visto anteriormente, la presencia de agua y ácidos grasos libres afecta la eficiencia de la transesterificación alcalina. Asimismo, el uso de catalizadores dificulta la purificación del biodiesel y el glicerol.

Una de las propuestas para superar estas dificultades en la transesterificación es el uso de metanol en condiciones supercríticas. Las principales ventajas de este método son (Van Kasteren y Nisworo, 2007)⁴:

⁴ (Van Kasteren y Nisworo, 2007) *Resources, Conservation and Recycling, Volume 50, Issue 4, June 2007, Pages 442-458* "A process model to estimate the cost of industrial scale biodiesel production from waste cooking oil by supercritical transesterification"



- No se requiere catalizador.
- No es sensible a la presencia de agua o ácidos grasos libres.
- Los ácidos grasos libres son esterificados al mismo tiempo que el resto del aceite.

Todo esto convierte a este método en una alternativa interesante para la transesterificación de aceites usados que usualmente contienen AGL y agua.

El proceso supercrítico implica el uso de determinadas condiciones de temperatura y presión que afectan las condiciones termofísicas del metanol, tales como su constante dieléctrica, viscosidad, peso específico y polaridad, todo lo cual facilita la reacción de transesterificación (ver Tabla 2).

Variable	Proceso supercrítico	Proceso supercrítico con cosolvente
Temperatura	320 °C	280 °C
Presión	400 bar	128 bar
Razón molar metanol: aceite	42:1	24:1
Con solvente	Ninguno	Propano (se recicla)

Tabla 2: condiciones para la transesterificación supercrítica con metanol.(**Van Gerpen 2005**)

Para purificar el biodiesel en la transesterificación alcalina. De esta manera, bajo condiciones de alta temperatura y presión se logra una conversión casi completa del aceite en biodiesel en muy poco tiempo (5-10 minutos), sin necesidad de catalizador.

A pesar de que algunos autores critican los altos costos operativos de este proceso, debido a los altos requerimientos de temperatura y presión (mayor consumo energético) y también altos costos de inversión para contar con equipamiento que resista estas condiciones de operación, encontraron que este proceso sí sería competitivo (**Van Kasteren y Nisworo 2007**), ya que:



Permite aprovechar aceites comestibles usados (de bajo costo), sin necesidad de pretratamiento ácido (que también aumentaría los costos de operación e inversión).

- A pesar de los altos consumos energéticos, el tiempo de reacción es menor, lo cual compensa en cierta manera este aspecto.
- El glicerol, subproducto de la transesterificación, resulta casi puro (96,4%), lo cual le da un mayor valor de mercado que en el proceso de transesterificación alcalina (pureza de sólo un 85%).
- El biodiesel obtenido de la transesterificación solo requiere la destilación del metanol para tener una alta pureza (99,8%). Esto también reduce los costos de inversión y operación necesarios

Este capítulo nos muestra claramente el proceso de obtención del biodiesel, cabe señalar que este solo es un tipo de proceso ya que pueden variar dependiendo del tipo de biomasa a utilizar.



CAPITULO III

EVOLUCIÓN DEL

BIODIESEL



3.1 EVOLUCIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles han generado considerable atención últimamente. En EU se invierten grandes sumas en el desarrollo de los mismos. El etanol a partir de granos o celulosa, y el biodiesel a partir de aceites vegetales son los más conocidos. Uno de estos es el biodiesel a partir de algas.

El cultivo de algas se estudia al en la NASA como una forma de generar productos químicos en el espacio usando fotosíntesis y reciclando el CO₂. El Departamento de Energía de E.U. llevó a cabo un programa de investigación desde 1978 que se dio por terminado en 1997. En la actualidad el aumento del precio del petróleo y los problemas ambientales hacen resurgir el interés en el tema.

Algunas especies de algas contienen aproximadamente 50% de su peso en aceite, lo cual supera las plantas oleaginosas como la soja. En teoría usando algas se podría obtener un rendimiento mayor que usando plantas. Ver tabla (3)

Castor	1413
Girasol	952
Sasafras	779
Palma	5950
Soja	446
Coco	2689
Algas	100000

Tabla (3) Planta, Litros/hectárea(ver Referencias de la Web[5])

Para generar biodiesel se requiere una esterificación con alcoholes, los mismos podrían generarse a partir de residuos agrícolas celulósicos, un área de gran potencial que también se está investigando de manera intensiva.



3.2 LAS ALGAS GRAN ALTERNATIVA PARA BIOCOMBUSTIBLES

En Chubut, una provincia ubicada en el corazón de la Patagonia, la compañía Oil Fox⁵ desarrolla desde 1997 investigaciones con aceite extraído de algas para producir ese biocombustible.

La empresa Bio Fuel Systems (BFS)⁶ en asociación con los departamentos de Biotecnología, Ingeniería Química y Ciencias del Mar de las universidades de Alicante y Valencia, ha creado Biopetróleo de algas cultivadas en estanques artificiales.

Las virtudes de los carburantes extraídos de algas marinas y plancton radican en que son renovables, ambientalmente limpios y captadores de dióxido de carbono (CO₂), uno de los responsables del calentamiento del planeta, además de tener mejores rendimientos que los derivados del petróleo u otros biocombustibles.

Jorge Kaloustian, presidente de Oil Fox, alaba las bondades del aceite extraído de algas. Es mucho más eficiente desde varios puntos de vista: es renovable, es biodegradable, es no contaminante, o por lo menos en 73% menos que el gasoil de petróleo.

No aumenta las emisiones de CO₂, las reduce; no aporta dióxido de azufre (SO₂), está prácticamente exento de los productos secundarios nocivos que se encuentran en el petróleo fósil.

⁵ Oilfox es la reunión de profesionales e industriales preocupados por el aporte de soluciones tecnológicas, comerciales y financieras, a empresas del sector agropecuario y del transporte, con probado conocimiento sobre la problemática de los precios de los combustibles, pues sabemos de la influencia de estos al momento de evaluar costos y rentabilidad.

⁶ Empresa española **Bio Fuel Systems** (BFS), con sede en Alicante, ha presentado un nuevo combustible que permitirá producir un carburante llamado "biopetróleo", utilizando como materia prima el fitoplancton procedente de las algas.





Además, los derivados de las algas son económicamente más viables que los originados de fósiles.

Con un litro de aceite (independientemente de su procedencia vegetal) se puede procesar uno de biodiesel, un combustible producido de materias renovables que se puede usar en los motores diesel. Pero mientras que de una hectárea de soya se obtienen cada año de 400 a 500 litros de aceite, con las algas esa cantidad podría llegar a los 100 mil litros. Los cálculos de BFS, una empresa surgida en 2007 luego de tres años de investigaciones, asegura poder producir 400 veces más que cualquier otro biocombustible. Así, en un área de 52 mil kilómetros cuadrados se pueden alcanzar 95 millones de barriles de biopetróleo diarios, lo que equivale a la producción mundial actual de crudo.

De manera comparativa, la soya genera al año 50 metros cúbicos de aceite por kilómetro cuadrado, la colza, entre 100 y 140; el aceite de palma, 610; y las algas, de 10 mil a 20 mil.

En Estados Unidos, país en el que se ha investigando sobre algas desde hace tres décadas, se estima que para sustituir todos los combustibles para transporte se requeriría de unos 140 mil millones de galones de biodiesel. Para producirlos con soya serían necesarias más de 1 mil 214 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de unos 50 galones por hectárea. Con el cultivo de algas, que producen aproximadamente seis mil galones por hectárea, se demandaría casi cuatro millones de hectáreas.

En México, la Estadounidense Petro Sun Biofuels⁷ y el Grupo Santa María⁸ han formado una alianza para desarrollar un proyecto de cultivo de algas y una planta extractiva en Sonora.

⁷ PetroSun Biofuels Inc, es subsidiaria de PetroSun Inc. y cuenta con una superficie total productiva de 445 hectáreas en estanques descubiertos.



3.2.1 OBTENCIÓN

En términos generales, el proceso de extracción se basa en tres elementos: la luz solar, la fotosíntesis, con la que las plantas transforman la primera, y ondas electromagnéticas para acelerar esa fase.

Se trata, entonces, de extraer las algas de su medio de crecimiento a través de un apropiado proceso de separación y de usar las que están húmedas para sacar el aceite. Las algas no necesitan ser secadas antes de la refinación.

En condiciones naturales, las algas no crecen a un ritmo particularmente alto, aunque pueden reproducirse dos y tres veces a diario, y, en general, no atesoran grandes cantidades de lípidos, que son un conjunto de moléculas orgánicas insolubles en agua, compuestas sobre todo por carbono, hidrógeno, un poco de oxígeno y que también pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno.

Por ello, los nutrientes en el **Fotobiorreactor** deben ser monitoreados cuidadosamente para permitir el mayor crecimiento y la producción de lípidos en las algas, que pueden usar el dióxido de carbono para alimento gracias a la luz. De hecho, enriqueciendo el medio de crecimiento con CO₂ posibilita la producción de los aceites deseados y apresura el desarrollo.

El Programa de Especies Acuáticas, operado entre finales de los años setenta y 1996 por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de Estados Unidos, identificó cerca de 300 especies de algas con potencial para producir miles de galones de biodiesel por hectárea.

No extraña que las algas marinas sean una fuente carburante. Hace 200 millones de años, el fitoplancton quedó bajo tierra y se fosilizó, hasta que el hombre lo extrajo como petróleo y empezó a emplearlo como combustible.

⁸ Compañía de servicios agroindustriales, especializada en la implementación, ejecución y desarrollo de cultivos no comestibles para la producción de Biodiesel, basados en la identificación de socios estratégicos en los sectores agrícola, industrial y tecnológico, agrupando nuestros valores agregados con el propósito final de producir biodiesel y sus derivados, comercializándolos en el mercado nacional e internacional.



La estimación es producir 300 mil toneladas anuales, a un precio que oscila entre 700 y 800 dólares por tonelada. **(ver Referencias de la Web[16])**

En Nueva Zelanda la compañía Aquaflow Bionomic Corp (ABC)⁹ trabaja con algas nativas que crecen en un estanque de aguas residuales. En 2007, la compañía extrajo lípidos de las algas y los empleó para elaborar biodiesel, cuya utilidad demuestra usar una mezcla de 5% de biodiesel de algas para operar un auto conducido por David Parker, (el ministro neozelandés para cambio climático).

Lo esencial de las algas fue su habilidad para convertir la energía del sol a través de la fotosíntesis, muchas veces más rápido que cualquier planta terrestre. Las algas también eran atractivas por no necesitar grandes extensiones de tierra, por lo que se reducían costos.

ABC prevé que el biodiesel será producido para el mercado neozelandés y proyecta venderlo directamente a agencias gubernamentales locales y nacionales para el suministro de combustible en flotillas de vehículos.**(ver Referencias de la Web[12])**

3.2.2 EVOLUCIÓN

Las algas no son nuevas, pero muchas han sido ignoradas durante muchos años. Si son cultivadas masivamente, podrían ser una revolución. No se cree que las plantas terrestres (maíz, soya, aceite de palma, de coco, caña de azúcar) puedan cosecharse en forma masiva sin un gran impacto sobre granos para la gente y los animales y sobre el ambiente.

Las algas pueden crear diez o veinte veces más biomasa por área que las plantas terrestres, y usar agua mala (salada, residual) e incluso si crecen en buena agua fresca, utilizarán menos líquido en regiones áridas, como el Valle Imperial en California o el desierto de Sonora, según la Universidad de California en San Diego.

⁹ Empresa neozelandesa que desarrolla proyectos en el que las algas constituyen la fuente principal para producir este tipo de petróleo ecológico.



Si bien se usa y se experimenta con biomasa, proveniente sobre todo de la caña de azúcar, en México, la utilización de algas es prácticamente desconocida entre los sectores académicos y empresariales del país. En el mundo hay unas 40 mil variedades de algas, por lo que el primer paso sería investigar cuáles son aptas en el país para fines carburantes.

En medio del creciente debate en Latinoamérica sobre la utilización de biocombustibles generados de granos como el maíz, la soya o el sorgo y de caña de azúcar, Se recomienda explorar la opción de las algas. “Muchas especies pueden ser usadas para biomasa.

Es también muy importante entender que las algas pueden también producir almidón, similar al de maíz, que puede ser fácilmente fermentado en etanol. Así, las algas no deben ser consideradas sólo una opción para biodiesel, sino también para reemplazar la caña de azúcar para etanol.

La vigente Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos (**ver Referencias de la Web[6]**), vetada en primera instancia por el presidente Felipe Calderón (presidente de México) y luego reformada por el Senado, establece que las algas pueden ser una fuente para producir biocombustibles.

Carlos Morales, director de PEMEX Exploración y Producción, reconoció durante un foro sobre la reforma energética realizado el año pasado que la rapidez para incorporar nuevas fuentes de energía, así como expandir fuentes de energía no tradicionales, se vuelve un tema prioritario, como consecuencia de que inevitablemente la producción mundial de hidrocarburos comenzará a disminuir en 30 años. En México, 3.6% de toda la energía producida en el país proviene de biomasa, mientras que casi 90% se basa en hidrocarburos, especialmente el petróleo (**ver Referencias de la Web[7]**).



3.3 EVOLUCIÓN TÉCNICA DEL BIODIESEL

La utilización de los biocombustibles es tan antigua como la de los mismos combustibles de origen fósil y los motores de combustión.

En 1900 se usó por primera vez aceites vegetales como combustibles, siendo Rudolph Diesel¹⁰, quien lo utilizó en su motor de ignición (compresión) y quien predijo el uso futuro de los biocombustibles.

Durante la segunda guerra mundial, debido a la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto¹¹ sobre diesel de origen vegetal, pero fue hasta el año de 1970, que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética que se sucedía en el momento, y al elevado costo del petróleo.

Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero solo hasta el año de 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de RME (Rapeseed Methyl Ester)¹². Actualmente países como Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción y uso de biodiesel en automóviles. **(ver**

Referencias de la Web[8])

La evolución Técnica de los motores de combustión interna debido fundamentalmente a un problema de costos y disponibilidad se orienta a la optimización y empleo de los diferentes tipos de derivados del petróleo. En esta evolución fundamentalmente se busca inicialmente un aumento de la potencia seguida luego por un mejoramiento en el rendimiento y últimamente la mayor prioridad la tiene la reducción de la contaminación ambiental provocada por el funcionamiento de millones de motores a nivel mundial.

¹⁰ Ingeniero alemán inventor del motor de combustión de alto rendimiento que lleva su nombre, el motor diesel. Motor aplicable a la locomoción, presentado en la feria internacional de París como el primer motor que usa aceite mineral como combustible y posteriormente llamado "motor de combustión".

¹¹ Otto Eduard Leopold von Bismarck-Schönhausen (Schönhausen, Magdeburgo; 1 de abril de 1815 - Friedrichsruh; 30 de julio de 1898) llamado el canciller de Hierro, fue un político prusiano, artífice de la unificación alemana y pieza clave de las relaciones internacionales de la segunda mitad del siglo XIX.

¹² Metil éster de aceite de semilla de colza



Retornando a la aseveración visionaria expresada por el padre del motor Diesel, hoy en día existirían en el ámbito internacional tres razones que apoyarían con más fuerza esta idea premonitoria:

- De acuerdo a las reservas petrolíferas conocidas y al consumo actual y proyectado es esperable una continuación del incremento en los precios de los combustibles tradicionales.
- Existe interés en los países Europeos de diversificar la producción agrícola introduciendo cultivos específicos con fines energéticos.
- La protección ambiental en cuanto al equilibrio del CO₂ y las emisiones de azufre así como los aspectos relacionados a la seguridad de manipuleo son puntos a los cuales se les ha otorgado máxima prioridad dada las restricciones crecientes impuestas por las nuevas normativas ambientales.

Los aceites puros pueden ser empleados en motores de inyección indirecta no así en los de inyección directa donde ocurre un cocido del mismo con la consiguiente formación de depósitos en un corto tiempo. Otra alternativa es el empleo de mezclas en diferentes proporciones siendo las más empleadas aquellas que se encuentran entre un 20% a un 30 % de biodiesel en gasoil. **(Ver Referencias de la Web [14])**

Para que un combustible originado en una fuente renovable de origen vegetal o animal pueda utilizarse válidamente, cualquiera que sea el tipo de motor considerado, se deben dar determinadas condiciones a saber:

- Impliquen la menor cantidad de modificaciones a los motores en uso.
- No ocasione una significativa reducción de la potencia o limitaciones en las condiciones de empleo.
- Guarde una relación entre el consumo y la prestación de las máquinas equivalente o similar a la lograda con el actual gas-oíl.
- Requiera bajas inversiones en el proceso de sustitución.
- Pueda estar disponible en un corto plazo.



CAPITULO IV

FACTIBILIDAD EN

EL ANÁLISIS DE

COSTOS DEL

BIODIESEL



4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos se ocupa directamente del control de los activos de una planta y fondos gastados en actividades funcionales.

El análisis de costos se ocupa de la clasificación, acumulación, control y asignación de costos. Los costos pueden acumularse por cuentas, trabajos, procesos, productos u otros segmentos de un negocio.

Los costos sirven, en general, para tres propósitos:

1. Proporcionar informes relativos a costos para medir la utilidad y evaluar el inventario (estado de resultados y balance general).
2. Ofrecer información para el control administrativo de las operaciones y actividades de la empresa (informes de control).
3. Proporcionar información a la administración para fundamentar la planeación y la toma de decisiones (análisis y estudios especiales).

El sistema formal del análisis de costos generalmente ofrece información de costos e informes para la realización de los dos primeros objetivos. Sin embargo, para los fines de planeación y toma de decisiones de la administración, esta información generalmente debe reclasificarse, reorganizarse y complementarse con otros informes económicos y comerciales pertinentes tomados de fuentes ajenas al sistema normal de contabilidad de costos.

Una función importante de la contabilidad de costos es la de asignar costos a los productos fabricados y comparar estos costos con el ingreso resultante de su venta.

El análisis de costos sirve para contribuir al control de las operaciones y facilita la toma de decisiones.

En las tablas 4, 5 y 6 se observa el costo de montaje y planta purificadora de glicerina así como el costo de producción, impuestos, costos operativos, ventas de



subproductos, costo neto producción del ester, renta anual y balance de producción para plantas de 100,000, 46,000 y 23,000 lts./día a continuación se puede observar claramente los diferentes parámetros que conlleva para la producción de Biodiesel. Con el objetivo de determinar la factibilidad económica en diferentes plantas productoras del biodiesel.



COSTO DE PRODUCCIÓN EN U\$S BIODIESEL PLANTA 100,000 lts./día.			
Costo Montaje Planta Industrial	500,000		
Costo Planta Purificadora de Glicerina	150,000		
Amortización 10 años			65,000
Interes sobre capital			97,500
Impuestos: Inmobiliario, IB, ganancias, activos			888,000
Costo Operativo			14,959,605
Administración y Ventas			24,000
Costo Total			16,034,105
IMPUESTOS			
Impuesto Inmobiliario 1%		6,500	
Impuesto a los activos 1%		6,500	
Ingresos Brutos			
Impuesto a las Ganancias		875,000	
Total Impuestos		888,000	
COSTO OPERATIVO			
Alcohol metílico 3,564,000 lts. a 0.40cvs.		1,425,600	
Catalizador 49.500 Kg a 0.50cvs.		24,750	
Costo Laboral 7 obreros a 500 US/mes		45,500	
Aportes prev. y seg. social 33% s/sueldos		15,015	
Energía Kw/h 297,000 Kw/h a 0.02 US		5,940	
Vapor 16,500 tns a 5 US/tn.		82,500	
Agua refrigerante		30,000	
Mantenimiento 2.3% s/capital		14,950	
Seguros 1.5% s/capital		9,750	
Compra Aceite 33,264 tns. A 400 US/tn.		13,305,600	
Total Costo Operativo		14,959,605	
VENTAS DE SUBPRODUCTOS			
Glicerina 3,399,000 lts. a 1 US/lit.			3,399,000
Ácidos Grasos 429,000 Kg. a 0.20 US/lit.			85,800
Biodiesel 33,000,000 lts. a 0.42 US/lit.			13,860,000
Total de Ventas			17,344,800
COSTO NETO PRODUCCION DEL ESTER			
Venta glicerina y ácidos grasos			3,484,800
Costo Total de producción		16,034,105	
Costo a imputar para el ester			12,549,305
Costo por litro			\$0.38
Venta salida de planta con 10% de margen			\$0.42
RENTA ANNUAL			
			1,310,695
BALANCE DE PRODUCCION			
Ingresos a la planta			
Aceite de Soja	33,264,000		
Alcohol Metilico	3,564,000		
Total	36,828,000		
Egresos de la planta			
Glicerina		3,399,000	
Acidos Grasos		429,000	
Biodiesel		33,000,000	
Total		36,828,000	

Tabla (4) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)¹³

¹³ Confederación de Asociaciones Rurales de Santa Fe



COSTO DE PRODUCCION EN U\$S BIODIESEL-PLANTA 46,000 lts./día.			
Costo Montaje Planta Industrial	250,000		
Costo Planta Purificadora de Glicerina	150,000		
Amortización 10 años			65,000
Interes sobre capital			97,500
Impuestos: Inmobiliario, IB, ganancias, activos			513,000
Costo Operativo			17,620,725
Administración y Ventas			24,000
Costo Total			18,320,225
IMPUESTOS			
Impuesto Inmobiliario 1%		4,000	
Impuesto a los activos 1%		4,000	
Ingresos Brutos-exento promoción industrial			
Impuesto a las Ganancias (35% ventas-costos)		210	
Total Impuestos		218,000	
COSTO OPERATIVO			
Alcohol metílico 1,782,000 lts. a 0.30cvs.		712,800	
Catalizador 24.750 Kg a 0.50cvs.		12,375	
Costo Laboral 5 obreros a 500 US/mes		32,500	
Aportes prev. y seg. social 33% s/sueldos		10,725	
Energía Kw/h 150,000 Kw/h a 0.02 US		3,000	
Vapor 9,00 tns a 5 US/tn.		45,000	
Agua refrigerante		15,000	
Mantenimiento 2.3% s/capital		9,200	
Seguros 1.5% s/capital		6,000	
Compra Aceite 16,632 tns. a 400 US/tn.		6,652,800	
Total Costo Operativo		7,499,400	
VENTAS DE SUBPRODUCTOS			
Glicerina 3,399,000 lts. a 1 US/lt.			1,699,500
Ácidos Grasos 429,000 Kg. a 0.20 US/lt.			42,900
Biodiesel 33,000,000 lts. a 0.49 US/lt.			6,930,000
Total de Ventas			8,672,400
COSTO NETO PRODUCCION DEL ESTER			
Venta glicerina y ácidos grasos			1,742,400
Costo Total de producción		7,841,400	
Costo a imputar para el ester			6,099,000
Costo por litro			\$0.37
Venta salida de planta con 13% de margen			\$0.42
RENTA ANNUAL			831,000
BALANCE DE PRODUCCION			
Ingresos a la planta			
Aceite de Soja	16,632,00		
Alcohol Metílico	1,782,00		
Total	18,414,00		
Egresos de la planta			
Glicerina		1,699,500	
Ácidos Grasos		214,500	
Biodiesel		16,500,000	
Total		18,414,000	

TABLA (5) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1o (CARSFE)



COSTO DE PRODUCCION EN US BIODIESEL-PLANTA 23,000 lts./día				
Costo Montaje Planta Industrial	150,000			
Amortización 10 años				15,000
Interés sobre capital				22,500
Impuestos: Inmobiliario, IB, ganancias, activos				3,000
Costo Operativo				3,754,123
Administración y Ventas				24,000
Costo Total				3,818,623
IMPUESTOS				
Impuesto Inmobiliario 1%		1,500		
Impuesto a los activos 1%		1,500		
Ingresos Brutos- promoción industrial-exento				
Impuesto a las Ganancias (35% ventas-costos)				
Total Impuestos		3,000		
COSTO OPERATIVO				
Alcohol metílico 891,000 lts. a 0.40cvs.		356,400		
Catalizador 12,375 Kg a 0.50cvs.		6,188		
Costo Laboral 3 obreros a 500 US/mes		19,500		
Aportes prev. y seg. social 33% s/sueldos		6,435		
Energía Kw/h 75,000 Kw/h a 0.02 US		1,500		
Vapor 5,000 tns a 5 US/tn.		25,000		
Agua refrigerante		7,000		
Mantenimiento 2.3% s/capital		3,450		
Seguros 1.5% s/capital		2,250		
Compra Aceite 8,316 tns. a 400 US/tn.		3,326,400		
Total Costo Operativo		3,754,123		
VENTAS DE SUBPRODUCTOS				
Glicerina 849,750 lts. a 0,40 US/lt.			339,900	
Ácidos Grasos 107,250 Kg. a 0.20 US/lt.			21,450	
Biodiesel 8,250,000 lts. a 0.42 US/lt.			3,465,000	
Total de Ventas			3,826,350	
COSTO NETO PRODUCCION DEL ESTER				
Venta glicerina y ácidos grasos			361,350	
Costo Total de producción		3,818,623		
Costo a imputar para el ester				3,457,273
Costo por litro				\$0.42
venta con 10% sobre el costo				\$0.46
RENTA ANNUAL				
				7,728
BALANCE DE PRODUCCION				
Ingresos a la planta				
Aceite de Soja	8,316,000			
Alcohol Metilico	891,000			
Total	9,207,000			
Egresos de la planta				
Glicerina		849,750		
Ácidos Grasos		107,250		
Biodiesel		8,250,000		
Total		9,207,000		

Tabla (6) Proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

4.3 CAPACIDADES PARA DIFERENTES PLANTAS DE BIODIESEL

A continuación se hace el análisis aproximado de producción para día mes y año en plantas de 100,000, 46,000 y 23,000 lts./día tomando en cuenta los siguientes parámetros que se presentan en las tablas 7 y 8.

CAPACIDAD DE PLANTA BIODIESEL DE 100,000lts./día			
Planta Biodiesel	año	mes	día
Producción de Biodiesel en lts.	33,000,000	2,750,000	90,000
Necesidades de aceite en tns.	33,264	2,772	91
Necesidades de alcohol en lts.	3,564,000	297,000	9,764
Molienda de soja en tns.	184,800	15,400	506
Superficie virtual en has.(rend. 2.6 tn/ha.)	71,077	5,923	197
Necesidades soja para con aceite en tns.	71,185	5,932	198
Superficie real en has. Para canje	27,379	2,282	76
Costo operativo en U\$S	16,000,000	1,333,333	44,444
Venta Biodiesel en US 0.42 por litro	13,860,000	1,155,000	38,500
Venta glicerina U\$S 1000/tn(farmacopea 98%)	3,400,000	283,333	9,444
Venta ácidos grasos en US 200/tn.	85,000	7,083	236
Ventas Totales en U\$S	17,345,000	1,445,417	48,181
Renta en U\$S	1,345,000	112,083	3,736

Tabla(7) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSEFE)



PLANTAS BIODIESEL						
CAPACIDAD	46,000 lts./día			23,000 lts./día		
COSTOS DE LA PLANTA	\$ 400,000.00			\$ 150,000.00		
	año	mes	día	año	Mes	día
Producción Biodiesel en lts.	16,500,000	1,375,000	46,000	8,250,000	687,500	23,000
Necesidades de aceite en tns.	16,600	1,380	45	8,300	690	23
Necesidades de alcohol en lts.	1,800,000	1,500,000	5,000	900,000	750,000	2,500
Molienda de soja en tns.	92,200	7,680	252	46,100	3,840	126
Superficie virtual en has. (rend. 2.6 tn/ha.)	35,400	2,950	98	17,700	1,475	49
Necesidades soja para con aceite en tns.	34,345	2,862	95	17,173	1,431	48
Superficie real en has. Para canje	13,200	1,100	37	6,600	550	18
Costo operativo en U\$S	7,800,000	650,000	20,000	3,820,000	318,333	10,611
Venta Biodiesel en U\$S 0.42 por litro	6,900,000	575,000	19,167	3,465,000	288,750	9,625
Venta glicerina U\$S 1000/tn (farmacopea 98%)	1,700,000	141,667	4,722	340,000	28,333	944
Venta ácidos grasos en U\$S 200/tn.	43,000	8,300	270	21,000	1,750	58
Ventas Totales en U\$S	8,643,000	720,250	24,008	3,826,000	344,000	11,300
Renta en U\$S	843,000	70,250	2,342	6,000	500	17

TABLA (8) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

4.3 PRECIO DE BODIESEL EN U\$S ANTE DIFERENTES COTIZACIONES

PRECIO DEL BODIESEL EN US ANTE DIFERENTES COTIZACIONES DEL ACEITE									
ACEITE	COSTO DE FABRICACION cvs./lt			VENTA AL PUBLICO EN SURTIDOR			GANANCIAS Y PERDIDAS VS. GASOIL		
	US/t n.	planta 23,000	planta 46,000	planta 100,000	planta 23,000	planta 46,000	planta 100,000	planta 23,000	planta 46,000
200	22	17	18	26.40	20.40	21.60	23.60	29.60	28.40
250	27	22	23	32.40	26.40	27.60	17.60	23.60	22.40
280	30	25	26	36.00	30.00	31.20	14.00	20.00	18.80
300	32	27	28	38.40	32.40	33.60	11.60	17.60	16.40
320	34	29	30	40.80	34.80	36.00	9.20	15.20	14.00
350	37	32	33	44.40	38.40	39.60	5.60	11.60	10.40
380	40	35	36	48.00	42.00	43.20	2.00	8.00	6.80
400	42	37	38	50.40	44.40	45.60	-0.40	5.60	4.40
430	45	40	41	54.00	48.00	49.20	-4.00	2.00	0.80
450	47	42	43	56.40	50.40	51.60	-6.40	-0.40	-1.60
480	50	45	46	60.00	54.00	55.20	-10.00	-4.00	-5.20
500	52	47	48	62.40	56.40	57.60	-12.40	-6.40	-7.60
520	54	49	50	64.80	58.80	60.00	-14.80	-8.80	-10.00
540	56	51	52	67.20	61.20	62.40	-17.20	-11.20	-12.40
560	58	53	54	69.60	63.60	64.80	-19.60	-13.60	-14.80
580	60	55	56	72.00	66.00	67.20	-22.00	-16.00	-17.20
600	62	57	58	74.40	68.40	69.60	-24.40	-18.40	-19.60
620	64	58	59	76.80	69.60	70.80	-26.80	-19.60	-20.80
630	65	60	61	78.00	72.00	73.20	-28.00	-22.00	-23.20
640	66	61	62	79.20	73.20	74.40	-29.20	-23.20	-24.40
650	67	62	63	80.40	74.40	75.60	-30.40	-24.40	-25.60
660	68	63	64	81.60	75.60	76.80	-31.60	-25.60	-26.80
670	69	64	65	82.80	76.80	78.00	-32.80	-26.80	-28.00

Tabla (11) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSEFE)



4.4 FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW)

En finanzas y en economía se entiende por **flujo de caja o flujo de fondos** (en inglés *cash flow*) los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado.

El flujo de caja es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por lo tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa.

Para analizar la viabilidad de proyectos de inversión, los flujos de fondos son la base de cálculo del Valor actual neto y de la Tasa interna de retorno.

Para medir la rentabilidad o crecimiento de un negocio cuando se entienda que las normas contables no representan adecuadamente la realidad económica.

Para ver la factibilidad en el estudio de flujo de caja se dará a conocer que tan rentable es producir Biodiesel. Ser rentable no significa necesariamente poseer liquidez. Una compañía puede tener problemas de efectivo, aun siendo rentable. Por lo tanto permite anticipar los saldos en dinero.

A continuación se darán a conocer los parámetros para la creación de una planta de producción de 100,000 litros diarios.

Los parámetros son los siguientes:

- Planta de producción de 100tn. Diarias (33,000,00lts/año de biodiesel)
- Costo de la planta (biodiesel + glicerina) llave en mano= U\$S 650.000
- Se toma un crédito por el importe de la planta, a pagar en 10 años con el 15% anual de interés sobre saldo.
- No se computan los impuestos inmobiliarios ni ingresos brutos por la ley de promoción industrial que los difiere por 10 años en parques industriales y 6 años en cualquier predio.



- Se paga a los fabricantes y la planta comienza a funcionar un año después de la toma de crédito. El primer mes de producción coincide con el primer vencimiento de interés y amortización, los cuales están imputados en el cash flow en el mes1.
- En el mes 1 cuando comienza a funcionar la planta, se solicita un crédito por U\$S 1.700.000 a dos años con el 20% de interés anual directo. Esto es para cubrir el costo operativo de arranque.
- Las ventas de biodiesel se cobran a 30 días y el aceite se paga de contado.
- El costo del aceite calculado en 480U\$S y la venta de biodiesel a la salida de planta en 0,50 US/LT. La glicerina se vende a 1.000 U\$S/Tn.



COSTO DE PRODUCCION EN U\$S BIODIESEL-PLANTA 100,000 lts./día				
Costo Montaje Planta Industrial		650,000.00		
Amortización 10 años			65,000.00	
Interés sobre capital			97,000.00	
Impuestos			730,000.00	
Costo Operativo			17,620,000.00	
Aministracion y Ventas			24,000.00	
Costo Total			18,536,500.00	
IMPUESTOS				
A los activos 1%			6,500.00	
Ganancias 35%			600,000.00	
D Rel 0.65%			127,762.70	
Total			734,262.70	aprox.
COSTO OPERATIVO				
Alcohol metílico			1,425,600.00	
Catalizador			24,750.00	
Sueldos			45,500.00	
Contribuciones Patronales 33% (sin reducción)			15,000.00	
Energía			5,940.00	
Vapor			82,500.00	
Agua refrigerante			30,000.00	
Mantenimiento			14,950.00	
Seguros			9,750.00	
Aceite			16,000,000.00	
Total			17,653,990.00	
VENTA DE SUBPRODUCTOS				
Glicerina				3,400,000.00
Ácidos Grasos				85,800.00
Biodiesel				16,170,000.00
Total de Ventas				19,655,800.00
CALCULO DEL IMPUESTO A LAS GANANCIAS				
Total ventas	19,655,800.00			
Total Gs Op	17,653,990.00			
Gs adm y vtas	24,000.00			
Amort Interés	162,500.00			
	1,815,310.00			
	x 35%			
	635,358.50			
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	600,000.00	aprox.		
DETERMINACIÓN DEL PRECIO DEL PRODUCTO				
Costo Total de Producción				18,536,500.00
Venta de Glicerina y Ácidos Grasos			3,485,800.00	
Costo real del Biodiesel				15,050,700.00
Costo x litro (costo/33,000,000)				\$0.46
Venta Salida de Planta con 10% de Margen				\$0.50

Tabla (13) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 1) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas		1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años	1700000											
Egresos												
Amort.Capital.	65000											850000
Interés	97500			110000	29250			29250	112500			120000
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1692000	1529500	1529500	1639500	1558750	1529500	1529500	1558750	1642000	1529500	1529500	2499500
Posición	8000	108000	108000	2000	78750	108000	108000	78750	4500	108000	108000	862000
Res Anual												55000
Déficit												55000
Superávit	8000	116000	224000	222000	300750	408750	516750	595500	591000	699000	807000	

Tabla (14) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 2) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											850000
Interés				60000	26000			60000	26000			70000
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1589500	1555500	1529500	1529500	1589500	1555500	1529500	1529500	2449500
Posición	43000	108000	108000	48000	82000	108000	108000	48000	82000	108000	108000	812000
Res Anual												139000
Déficit	12000											
Superávit		96000	204000	252000	334000	442000	550000	598000	680000	788000	896000	84000

Tabla (15) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 3) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					22750				22750			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1552250	1529500	1529500	1529500	1552250	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	85250	108000	108000	108000	85250	108000	108000	108000
Res Anual												1185500
Déficit												
Superávit	127000	235000	343000	451000	536250	644250	752250	860250	945500	1053500	1161500	1269500

Tabla (16) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 4) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					19500				19500			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1549000	1529500	1529500	1529500	1549000	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	88500	108000	108000	108000	88500	108000	108000	108000
Res Anual												1192000
Déficit												
Superávit	1312500	1420500	1528500	1636500	1725000	1833000	1941000	2049000	2137500	2245500	2353500	2461500

Tabla (17) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 5) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					16250				16250			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1545750	1529500	1529500	1529500	1545750	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	91750	108000	108000	108000	91750	108000	108000	108000
Res Anual												1198500
Déficit												
Superávit	2504500	2612500	2720500	2828500	2920250	3028250	3136250	3244250	3336000	3444000	3552000	3660000

Tabla (18) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 6) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					13000				13000			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1542500	1529500	1529500	1529500	1542500	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	95000	108000	108000	108000	95000	108000	108000	108000
Res Anual												1205000
Déficit												
Superávit	3703000	3811000	3919000	4027000	4122000	4230000	4338000	4446000	4541000	4649000	4757000	4865000

Tabla (19) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 7) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					9750				9750			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1539250	1529500	1529500	1529500	1539250	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	98250	108000	108000	108000	98250	108000	108000	108000
Res Anual												1211500
Déficit												
Superávit	4908000	5016000	5124000	5232000	5330250	5438250	5546250	5654250	5752500	5860500	5968500	6076500

Tabla (20) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 8) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					6500				6500			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1536000	1529500	1529500	1529500	1536000	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	101500	108000	108000	108000	101500	108000	108000	108000
Res Anual												1218000
Déficit												
Superávit	6119500	6227500	6335500	6443500	6545000	6653000	6761000	6869000	6970500	7078500	7186500	7294500

Tabla (21) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 10) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					9750				9750			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1539250	1529500	1529500	1529500	1539250	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	98250	108000	108000	108000	98250	108000	108000	108000
Res Anual												1211500
Déficit												
Superávit	8562000	8670000	8778000	8886000	8984250	9092250	9200250	9308250	9406500	9514500	9622500	9730500

Tabla (22) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

FLUJO DE FONDOS (CASH FLOW) BIODIESEL (AÑO 11) EN U\$S												
Mes/Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingr. x Vtas	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500	1637500
credito2años												
Egresos												
Amort.Capital.	65000											
Interés					6500				6500			
Impuestos	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833	60833
Adm y Vtas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Costo Op.	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667	1466667
Total	1594500	1529500	1529500	1529500	1536000	1529500	1529500	1529500	1539250	1529500	1529500	1529500
Posición	43000	108000	108000	108000	101500	108000	108000	108000	101500	108000	108000	108000
Res Anual												1218000
Déficit												
Superávit	9773500	9881500	9989500	10097500	10199000	10307000	10415000	10523000	10624500	10732500	10840500	10948500

Tabla (23) proporcionada por el Ing. Agr. Jorge Guido Ugolini, Vicepresidente 1° (CARSFE)

Como se pudo observar en este capítulo, se estudio el análisis de costos de diferentes plantas de producción de biodiesel dándonos como resultado la rentabilidad que tiene cada una de las plantas, también se examinaron sus capacidades para hacer una comparación al día, mes y año de cada planta, así como una lista de precios ante diferentes cotizaciones con el fin de ver la variación de ganancias y pérdidas contra el gasoil

Se desarrollo un flujo de fondos para analizar la factibilidad que tendría una planta de producción de biodiesel de 100,000lts./día, al parecer en el análisis se pudo constatar que produce un **déficit** de 55,000 U\$S en el mes 12 coincidiendo con el pago de la primera **amortización** del crédito a 2 años.

Esta posición negativa se revierte en el mes 14, después el sistema se alimenta con su propio flujo de caja consiguiendo un **superávit** de U\$S 84,000 al termino de 2 años.

Siguiendo con el mismo análisis se plantea que en todos los consiguientes años existe un superávit teniendo así por consiguiente que la planta de producción de biodiesel de 100,000lts./día es rentable y por lo tanto es factible su aplicación.



CAPITULO V

FACTIBILIDAD DEL

BIODIESEL EN LA

AVIACION



5.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA APLICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Las alternativas de uso del biodiesel como de los aceites vegetales se centra en:

- Adaptar los motores para el empleo de aceites vegetales como combustible.
- Adaptar las características del aceite a los requerimientos de los motores.

El mayor problema a enfrentar en el uso de aceites puros sin modificar en motores de inyección directa es la formación de carbono en las toberas de los inyectores y la cámara de combustión, pistones y válvulas. Estos problemas impiden un uso prolongado en el tiempo. La velocidad y grado del deterioro producido será función de la carga el tipo de aceite pudiendo variar entre 10 y 100 horas.

Los problemas citados son producidos por la mayor densidad y contenido de carbono de los aceites. Los aceites puros son 10 veces más viscosos que sus esteres o el gas-oil. Esto provoca cambios en la pulverización del combustible caída en el flujo y problemas de lubricación y refrigeración. La generación de humo aumenta, el combustible sin quemar lava los cilindros provocando la formación de gomas en los aros y dilución del aceite. Los depósitos de carbono reducen la potencia, incrementa la formación de humos por fallas en el encendido de algunos cilindros.

Todas las consideraciones realizadas indican claramente que no se pueden emplear los aceites vegetales sin modificar en motores de inyección directa. Su uso queda restringido a motores de inyección indirecta adaptados a motores especiales así como las modificaciones introducidas por el grupo Deutz-Fahr¹⁴ con su propuesta de alimentación dual.

¹⁴ Same Deutz-Fahr es desde 1927 una compañía de base Italiana que fabrica tractores, cosechadoras, motores y equipos afines.



Los esteres de aceite vegetal poseen una buena potencia para su mezcla o reemplazo del gas-oíl:

- Los metil y etil ésteres son efectivos en la eliminación de los problemas de inyectores y motores de inyección directa.
- Las viscosidades obtenidas por los metil, etil y butil esteres son similares al gasoil y significativamente menores a los aceites vegetales de origen.

Los esteres de los aceites presentan características muy similares al gasoil y se pueden emplear en las mismas condiciones de operación.

Los ensayos de larga duración de biodiesel (reservando este término a los metil esteres de aceite de colza y girasol) efectuados en laboratorios Europeos Vellguth 1982¹⁵ y con grandes flotas de tractores han arrojado como conclusión que el uso prolongado por un año no produjo incrementos en el desgaste o depósitos de carbono y por lo tanto serían aptos para su uso a gran escala.

La serie de ensayos realizados por el Instituto de Ingeniería Rural del INTA en sus laboratorios centrales con tractores de última generación como en laboratorios móviles sobre tractores de diferente edad, estado y forma de uso arrojaron que el uso de este combustible puro solo reduce la potencia y par motor en un 3 a 4 % con incrementos en el consumo horario y específico que no superan el 10 %. En proporciones menores en mezclas estas diferencias pasan a ser mucho menores.

Del conjunto de estudios técnicos y científicos también surgieron los siguientes problemas y sus soluciones:

¹⁵ Vellguth, G. *Eignung von Pflanzenölen und Pflanzenölderivaten als Kraftstoff für Dieselmotoren. Grundl. Landtechnik, Emissionen bei Verwendung alternativer Kraftstoffe in Schlepper-Dieselmotoren. Grundl. Landtechnik*



- Dilución de los aceites lubricantes: Este es el mayor problema del uso prolongado de biodiesel. El metilester de la colza supera los aros de los pistones llegando al carter. Pueden surgir problemas en la inadecuada lubricación de la superficie del pistón y formación de gomas. El período de uso, el diseño de la cámara de combustión, el patrón de inyección y su calibración influyen en el grado de dilución del aceite. Por lo general reduciendo el cambio de aceite a 150 horas es suficiente para evitar daños y deterioros en los motores.
- Compatibilidad de materiales. Algunas pinturas empleadas en tractores pueden ser diluidas por el metilester del aceite de colza. A pesar de que el deterioro no implica ninguna merma en la prestación de los equipos ni riesgo alguno puede ser fuente de posibles reclamos y es solucionable empleando pinturas adecuadas como las acrílicas.
- Rendimiento invernal: Por debajo de los 0 grados se pueden presentar problemas en el suministro de biodiesel desde el tanque al motor. Esto puede ser fácilmente mejorado incrementando la proporción de metanol del 1 al 2 % en el proceso de transesterificación. Esto puede reducir el flash point por debajo de 55 grados aumentando los riesgos. El agregado de otros aditivos permite el uso del biodiesel hasta temperaturas de 10 grados bajo cero.

Se sugiere en base al capítulo 2 que habla sobre el proceso de obtención del Biodiesel que la modificación debe ser en el Biocarburante a utilizar ya que como se analizó en este apartado existen bajas de potenciación, formación de gomas, cristalización por bajas temperaturas y residuos de carbono al quemarse el Biocombustible

La solución se encuentra en eliminar gomas, fosfáticos, ácidos grasos libres y otros contaminantes esto por medio de esterificación alcalina incluyendo el filtrado y secado y la implementación de un proceso llamado Winterización para la eliminación de constituyentes (ceras o triglicéridos) de los aceites que se cristalizan en climas fríos **(ver detalles en el capítulo 2 PROCESO DE OBTENCION DEL BIODIESEL)**



5.2 FACTIBILIDAD DE PARÁMETROS DE ACUERDO A NORMATIVIDADES INTERNACIONALES

En la actualidad se han publicado dos Normas que reúnen los estándares para Biodiesel según los criterios de varios países, sin embargo estas normas son muy recientes y aun se encuentran en proceso de evolución.

Sin embargo, es necesario resaltar, que las propiedades fisicoquímicas de este Biocombustible han de ser evaluadas por la materia prima utilizada, los parámetros que son función del proceso de elaboración y los que son función del post-procesamiento.

De esta manera, podría resumirse los siguientes parámetros:

- Parámetros que dependen de los aceites o grasas utilizados: Son aquellos que se atañen al origen y la variedad en las mismas. Se refieren al contenido de mono-, di- y triglicéridos; contenido de fósforo y azufre, índice de yodo; número de cetanos; entre otros.
- Parámetros que dependen del proceso de elaboración: Son aquellos que corresponden a las condiciones y tecnologías aplicadas en la elaboración, entre ellos pueden mencionarse el contenido de esteres o índice de conversión; viscosidad, densidad, glicerol ocluido, entre otros.
- Parámetros que dependen del post-procesamiento: Son aquellos que dependen del tratamiento, manipulación y almacenaje del Biodiesel, entre ellos se pueden nombrar pH, contenido de alcohol, punto de inflamación, glicerol libre.

Dada la amplia variedad de materias primas a partir de las cuales se genera el Biodiesel, el desafío mayor es el establecimiento de un patrón normalizado que caracterice a estos combustibles de manera que puedan ser mantenidos en forma permanente.

Evaluación del Biodiesel elaborado

ACIDEZ TOTAL	0,5 mg KOH/g
AGUA	700 ppm
CENIZAS	0,01 %
DENSIDAD A 15 °C	860 - 900 kg/m ³
FOSFORO	10 ppm
METANOL	0,2 %
METILESTER	98 %
PUNTO DE INFLAMACION	100 °C
AZUFRE	0,01 %
VISCOSIDAD A 40 °C	40 °C

Tabla (25) Normativa Italiana

Evaluación del Biodiesel elaborado

METILESTER	96,5 %
MONOGLICERIDOS	0,8 %
AGUA	200 ppm
METANOL	0,1 %
ACIDEZ TOTAL	1 mg KOH/g
FOSFORO	3 ppm

Tabla (26) Normativa Francesa

Evaluación del Biodiesel elaborado

PROPIEDAD	METODO ASTM	LIMITE	UNIDAD
FLASH POINT	93	100.OMIN	°C
AGUA Y SEDIMENTOS	1796	0.050MAX	Vol-%
RESIDUO CARBON (100% MUESTRA)	4530	0.050MAX	
SULFATOS	874	0.020MAX	PESO%
VISCOSIDAD CINEMATICA 40 °C	445	1.9-6.0	mm ² /seg
AZUFRE	2622	0.05 MAX	PESO%
CETANO	613	40 min	
PUNTO ESCURRIMIENTO	2500	A PEDIDO	°C
CORROSION AL COBRE	130	No 3B MAX	
ACIDEZ	664	0.80 MAX	mg KOH/g
GLICEROL LIBRE	GC	0.20 MAX	PESO %
GLICEROL TOTAL	GC	0.40 MAX	PESO %

Tabla (27) Normativa Norteamericana



5.3 FACTIBILIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE BIODIESEL EN LA AVIACIÓN

De acuerdo al análisis y a la investigación que se ha realizado cabe destacar que la sola observación de las propiedades de mejora ambiental que implica el uso del Biodiesel en sustitución del de origen fósil en los motores alternativos de aviación , hace recomendable la gestión de promover su elaboración y uso lo mas intensivo posible en la medida de su factibilidad económica, a pesar de que sus beneficios y contribución efectiva a la mejora del “efecto invernadero” justificarían la búsqueda de mecanismos de **subvención** para el sostenimiento de su uso.

En las pruebas realizadas al biodiesel se obtuvieron buenos resultados, principalmente en potencia, par motor con mezclas de Biodiesel a un 20% y 100%, no obstante tiende a tener un impacto económico, político y social ya que el Biodiesel es procesado a base de aceites vegetales que proviene de maíz, soja, trigo, colza, girasol, palma etcétera, que estarían en competencia con la canasta básica por lo cual sería justificable la búsqueda de otras alternativas.

Cabe destacar una gran alternativa para la producción del Biodiesel por medio del procesamiento de algas marinas (antes mencionadas en el cap. 2.1 Evolución de los Biocombustibles) ya que estas no entran en competencia directamente con la canasta básica.

Durante el análisis que se realizo y de acuerdo a lo mencionado se puede observar que realmente es factible la utilización del Biodiesel ya que el aceite nos puede dar un buen rendimiento dando como resultado un gran cambio en la baja de emisiones de CO₂.



CONCLUSIONES

Las ventajas principales de utilizar biodiesel como alternativa energética son:

- Menor impacto ambiental:
- Reducción de las emisiones contaminantes.
- Mejor calidad del aire. Efectos positivos para la salud, ya que reduce
- compuestos cancerígenos.
- Producto biodegradable

Es factible la producción así como la utilización de la alternativa Bioenergética (Biodiesel), mediante el estudio de las algas hay muchas posibilidades de que pueda crecer el Biodiesel en la aviación a un corto o largo plazo, en nuestro país se le debe dar la debida importancia ya que todavía carece de conocimientos en esta rama.

En cuanto a Motores alternativos se logro analizar la implementación de biodiesel mediante el proceso de esterificación, desgomado y winterizacion reduciendo los problemas de cristalización y carbón que produce el aceite al ser quemado ya que esto ocasionaba la producción de gomas teniendo como resultado una reducción en el rendimiento y potencia del motor.

Respecto al área económica y social; la utilización competitiva de recursos nacionales generaría empleos, riquezas, ingresos y progreso para el país en general.

Se concluye que los precios del petróleo y derivados están elevados e inestables. Es por eso que la sustitución del diesel por el Biodiesel es una eventual alternativa económicamente viable y sostenible.



REFERENCIAS DE LA WEB

- 1 http://www.biodiesel-uruguay.com/noticias_de_biodiesel/el-hombre-y-la-energia--los-biocombustibles792.php
- 2 <http://energyrenovables.com/biocombustibles/>
- 3 <http://www.energiasrenovables.ciemat.es/suplementos/biocarburantes/001.htm>
- 4 <http://archivo.greenpeace.org/Clima/Prokioto.htm>
- 5 www.oilgae.com
- 6 <http://www.funtener.org/pdfs/leybioenergeticos.pdf>
- 7 http://www.elmundodelpetroleo.com/articulos.php?id_sec=4&id_art=106
- 8 <http://www.eco2site.com/informes/biodiesel-m.asp>
- 9 http://www.elmundodelpetroleo.com/articulos.php?id_sec=4&id_art=106
- 10 <http://www.eco2site.com/informes/biodiesel-m.asp>
- 11 http://www.conam.gob.pe/documentos/N_biocombustibles/inf_final_gt_biocomb.pdf
- 12 Neofronteras.com “Biocombustibles” <http://neofronteras.com/especiales/?p=27>
- 13 <http://www.biocombustibles.cl/biocombustibles.htm>
- 14 www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/inta_expone/AuditorioGuillermoCovas/Biodiesel.pdf
- 15 <http://www.biodiesel.com>
- 16 http://www.elmundodelpetroleo.com/articulos.php?id_sec=4&id_art=106
- 17 http://www.elmundodelpetroleo.com/articulos.php?id_sec=4&id_art=106&id_ejemplar=25
- 18 <http://biocombustiblescqt.blogspot.com/search/label/Contenido>
- 19 <http://www.astm.org/DATABASE.CART/D.htm>
- 20 <http://www.biodiesel.com.ar>



BIBLIOGRAFIA

- Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (2007); “Evaluación de la Situación de la Seguridad Alimentaria Mundial”, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Mayo de 2007.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Fondo de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2007); “Oportunidades y Riesgos del Uso de la Bioenergía para la Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe”.
- Martínez Mario Enrique (2007); “Energía, Medio Ambiente y Alimentos”, Publicación Electrónica, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina, Enero de 2007.
- Godoy, Emilio. (Lunes 04 de febrero de 2008),”Las algas florecen de nuevo”[en línea]
Mexico,http://www.elmundodelpetroleo.com/articulos.php?id_sec=4&id_art=106&id_ejemplar=25[septiembre de 2008].
- Federico Anzil, junio de 2007,<http://www.zonaeconomica.com/biocombustibles>. [en línea]



GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS.

ABC: Aquaflow Bionomic Corp.

Ácido cítrico: es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja.

Ácido fosfórico: es un compuesto químico de fórmula H_3PO_4 también llamado ácido ortofosfórico.

Afluente: En hidrología, un afluente corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar sino en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

AGL: Ácidos Grasos Libres.

Álcali: son óxidos, hidróxidos y carbonatos de los metales alcalinos. Actúan como bases fuertes y son muy hidrosolubles. De tacto jabonoso, pueden ser lo bastante corrosivos como para quemar la piel, al igual que los ácidos fuertes.

Amortización: es una disminución gradual o extinción gradual de cualquier deuda durante un periodo de tiempo.

BFS: Bio Fuel Systems.

Biocarburantes: o biocombustibles son carburantes que se generan a partir de procesos biológicos

Biodigestión: ocurre porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que, al actuar sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, producen una mezcla de gases con alto contenido de metano (CH_4) llamada biogás.



Biodigestor: Es un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican-, etcétera) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidropresión y postratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor.

CARSFE: Confederación de Asociaciones Rurales de la Provincia de Santa Fe.

Catalizador: La sustancia que acelera o retarda un proceso químico (el catalizador).

Colza: (*Brassica napus*), es una planta de cultivo de la familia de las Brassicaceae con flores de color amarillo brillante.

Constante dieléctrica: o permitividad relativa de un medio continuo es una propiedad macroscópica de un medio dieléctrico relacionado con la permitividad eléctrica del medio.

Déficit: es una escasez de algún bien, ya sea dinero, comida o cualquier otra cosa.

Diglicéridos: dos ácidos grasos se combinan con una molécula de glicerol.

Efluente: La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema.

Ésteres etílicos: agentes antilipémicos o reguladores de los lípidos.

Fitoplancton: Es conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua.



Flash point: Punto de inflamación.

Fosfátidos: Diésteres del ácido fosfórico.

Fosfolípidos: son un tipo de lípidos polares compuestos por un glicerol, al que se le unen dos ácidos grasos (1,2-diacilglicerol) y un grupo fosfato.

Fotobiorreactor: Permiten establecer cultivos de alta densidad, facilita la cosecha de biomasa manteniendo el cultivo sin contaminación.

Glicerol: El propanotriol, glicerol o glicerina ($C_3H_8O_3$) es un alcohol con tres grupos hidroxilos ($-OH$).

Hidróxido de sodio: ($NaOH$) o hidróxido sódico, también conocido como lejía, sosa cáustica o soda cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, y detergentes. Además es usado en la Industria Petrolera en la elaboración de Lodos de Perforación base Agua.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Monoglicéridos: un ácido graso se combinan con una molécula de glicerol.

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio(National Aeronautics and Space Administration)

Ocluidos: cerrados, hermeticos

Oleaginosas: son semillas que se comen o utilizan para la extracción de aceite.

Oxigenante: éter metil terbutílico (MTBE) aditivo para incrementar el octanaje en la gasolina.

Peso específico: peso por unidad de volumen. Se calcula al dividir el peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa.





Polaridad: es una propiedad de las moléculas que representa la desigualdad de las cargas eléctricas en la misma.

Reactor de flujo continuo: Consiste en un tanque donde hay un flujo continuo de material reaccionante y desde el cual sale continuamente el material que ha reaccionado. La agitación del contenido es esencial, debido a que el flujo interior debe estar en constante circulación y así producir una mezcla uniforme.

RME: Rapeseed Methyl Ester

Soja: (*Glycine max*) es una especie de la familia de las leguminosas (*Fabaceae*) cultivada por sus semillas, de alto contenido en aceite y proteína.

Subvención: todo aquel gasto llevado a cabo por un ente público en favor de personas o entidades privadas, familias, fundaciones, instituciones sin ánimo de lucro, entre otras, sin que de ello se derive para los favorecidos obligación alguna de restituir el importe de la misma.

Sulfato férrico: es un coagulante que presenta cualidades muy interesantes en la remoción del color.

Superávit: es la abundancia de algo que se considera útil o necesario.

Transesterificación: es el proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base.

Triglicéridos: o triacilglicéridos o triacilgliceroles son acilgliceroles, un tipo de lípidos, formados por una molécula de glicerol, que tiene esterificados sus tres grupos hidroxilo por tres ácidos grasos, saturados o insaturado. Los triglicéridos forman parte de las grasas, sobre todo de origen animal.

Viscosidad: es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

