



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

DISEÑO DE LA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN PARA LA  
ELABORACIÓN DE BIODIESEL A  
PARTIR DE ACEITE RESIDUAL  
RECOLECTADO DE LA INDUSTRIA  
CHIFLERA PIURANA

Chris Campos, Hermes Delgado, Juan  
Esquivel, Jorge Samamé, Josymar  
Sirlupú

Piura, 18 de noviembre de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

**UNIVERSIDAD DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**“DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN  
DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE RESIDUAL RECOLECTADO DE  
LA INDUSTRIA CHIFLERA PIURANA”**

Ingeniería Industrial y de Sistemas

Campos Uriarte, Chris Mayret  
Delgado Saavedra, Hermes Augusto Gabriel  
Esquivel Chávez, Juan Diego  
Samamé Salazar, Jorge Luis Junnior  
Sirlupú Zapata, Josymar Dassaev

**Sponsor:** Dr. Ing. Dante Guerrero Chanduví

**Monitor:** MBA Juan Quinde Li Say Tan

Piura, 18 de noviembre de 2017



## PRÓLOGO

Hoy en día el mundo está buscando la manera de reducir la contaminación ambiental, es por ello que se buscan nuevas formas y fuentes de materia primas para la producción de combustibles renovables, logrando así satisfacer la demanda energética mundial y disminuir dicha contaminación causada por los combustibles fósiles.

Es así como se llegó al estudio y desarrollo de un biocombustible que emite menos cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y por ende contamina menos, el biodiesel, cuya materia prima es principalmente el aceite vegetal.

Frente a ya tener como dato que el aceite vegetal es la materia prima primordial para obtener biodiesel, se planteó la idea de obtener dicho biocombustible con aceite ya utilizado, es decir, aceite residual; Piura se dedica a la producción de chifles, para obtener este producto utilizan gran cantidad de aceite de fritura, es por ello, que se decidió trabajar con la industria chiflera pues al tener gran demanda de su producto, el aceite que nos brindarían sería de manera continua, pues es un recurso abundante. Esto lo convierte en una potencial fuente de materia prima para la producción de biodiesel.

El equipo del proyecto expresa su profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado para la realización del presente proyecto, como lo son: el promotor, Dr. Ing. Dante Guerrero; Ing. Catherin Girón; el monitor, Ing. Juan Quinde; y a los expertos del tema, Dr. Ing. Gastón Cruz e Ing. Nora Grados.



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar una línea de producción de biodiesel a partir de aceite vegetal, usado, por las chifleras piuranas. El cual se desarrolló en un lapso de 2 meses y medio, con un presupuesto no mayor a s/.6000. Con la finalidad de evaluar la oportunidad de negocio de elaborar biodiesel de manera industrial y de esta manera contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Según PromPerú para el año 2015, se estimó un crecimiento del 2.6% en la producción de chifles. Asimismo, los biocombustibles se han convertido en los sustitutos más atractivos para los combustibles derivados del petróleo, debido principalmente al cambio climático que representa una preocupación mundial y al rápido aumento de los precios del mismo.

Además, el Perú tiene como meta incrementar progresivamente su generación de biodiesel, partiendo de un 5% propuesto el primero de Enero del 2011, lo que brinda un escenario favorable para el desarrollo de nuevos proyectos ligados a la producción de biocombustibles.

Por lo antes mencionado es que se fundamenta el desarrollo del proyecto, el cual consta de 8 capítulos en los que se incluye: Antecedentes de la investigación, Marco teórico, Investigación de Mercado, Experimentación y resultados, Diseño de línea de producción, Propuesta de aprovechamiento de la Merma, Comparación entre el Combustible fósil vs Biodiesel; y, por último, las evaluaciones del proyecto tanto ambientales como económico-financieras.

El resultado de la investigación de mercado nos arroja un mercado con prestaciones, económicamente, interesantes para el desarrollo de una empresa productora de biodiesel a partir del aceite vegetal usado por las chifleras piuranas. El cual, en un punto, se verá restringido por la oferta de materia prima que brinda el mercado.

Se obtuvo un prototipo de biodiesel a partir del aceite residual de la producción de chifles en Piura, con las siguientes características: Un pH de 6, una densidad de 831.3 y una viscosidad de 2.0. Por lo que cumple con los requisitos puestos por Osinergmin, y, por lo tanto, puede ser propuesto para su venta al público.

Al mismo tiempo, se puede decir que el proyecto tiene un impacto positivo; ya que, al utilizar aceite vegetal usado para producir biodiesel, se evita que esta sustancia grasosa, y sobre todo insoluble en agua, contamine el medio ambiente. En cuanto al aspecto económico, la implementación del proyecto es rentable pero no atractiva; puesto que, tiene una inversión grande de aproximadamente S/. 200000, a cambio de eso y por la alta oferta que se complementa con la demanda el VAN es de S/. 119000 y un Payback de 2 años. También el TIR es de 33%, con lo cual también comprobamos que el proyecto es muy rentable.

Por lo tanto, se afirma que el proyecto “Diseño de la línea de producción para la elaboración de biodiesel a partir de aceite residual recolectado de la industria chiflera piurana”, aprovecha una oportunidad de negocio contribuyendo al cierre del ciclo de vida del aceite usado en las chifleras piuranas, contribuyendo de esta forma al cuidado del medio ambiente.

# ÍNDICE

PROLOGO

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo 1 Antecedentes de la Investigación.....	2
1.1. Investigaciones previas.....	2
1.2. Evolución del consumo de biocombustibles .....	4
1.3. Biocombustibles líquidos .....	5
1.4. Biodiesel.....	6
1.5. Evolución del biodiesel .....	7
1.6. Situación Actual .....	8
1.6.1. Mercado del Biodiesel a Nivel Nacional.....	8
1.6.1.1. Demanda de Biodiesel en el Perú .....	8
1.6.1.2. Costos de producción estimados de biodiesel a partir de palma de aceite y jatropha.....	10
1.6.2. Empresas representativas .....	10
1.6.3. Investigación de la gestión del aceite de fritura a nivel nacional.....	11
1.6.3.1. Empresas dedicadas al reciclaje de aceite:.....	12
1.6.3.2. Empresas dedicadas a la recolección de aceite: .....	12
1.6.4. Normativa legal y regulación del Biodiesel .....	13
1.6.4.1. De la Ley N° 28054: Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles:.. .....	13
1.6.4.2. Del Decreto Supremo N° 013-2005-EM:.....	13
1.6.4.3. Especificaciones Técnicas Biodiesel – NTP 321.125.2008.....	14
Capítulo 2 Marco teórico.....	15
2.1. Materia prima .....	15
2.2. Insumos y catalizadores:.....	20
2.3. Proceso de Producción del Biodiesel.....	21
2.3.1. Descripción del diagrama de flujo .....	22
2.3.2. Operaciones unitarias .....	23
2.3.2.1. Pretratamiento del aceite.....	23
2.3.2.2. Valoración:.....	25
2.3.2.3. Formación de Metóxido de Sodio (CH <sub>3</sub> ONa) .....	26
2.3.2.5. Decantación.....	30
2.3.2.6. Lavado y Secado: .....	31



2.3.2.7. Gestión de subproductos .....	32
2.3.3. Equipos utilizados en la producción de Biodiesel.....	32
2.4. Aplicaciones del Biodiesel .....	33
Capítulo 3 Investigación de Mercado.....	35
3.1. Análisis Sector Industrial.....	35
3.2. Investigación sobre la Oferta de Materia Prima .....	37
3.3. Investigación sobre la Demanda de Biodiesel en el Sector Agropecuario .....	41
Capítulo 4 Experimentación y Resultados .....	44
4.1. Diseño del Experimento (Metodología) .....	44
4.2. Proceso de experimentación .....	47
4.3. Análisis de Resultados.....	50
Capítulo 5 Diseño de la Línea de Producción .....	52
5.1. Ingeniería de elaboración de biodiesel .....	52
5.1.1. Proceso de elaboración de biodiesel.....	52
5.1.2. Capacidad de línea .....	55
5.1.3 Especificación de maquinarias y equipos .....	57
5.2. Manual de Procesos y Procedimientos (MAPRO) .....	64
5.3. Manual de Operaciones y Funciones (MOF) .....	76
5.4. Propuesta de disposición en planta.....	78
5.4.1. Identificación y dimensionamiento .....	78
5.4.2. Matriz de interrelaciones .....	80
5.4.3. Diagrama de interrelaciones.....	81
5.4.4. Diagrama de espacios.....	83
Capítulo 6 Propuesta de aprovechamiento de la Merma .....	84
6.1. Producción de glicerina en el proceso .....	84
6.2. Demanda de glicerina .....	85
6.3. Procesamiento de la glicerina cruda .....	85
6.4. Usos, productos y procesos derivados de la glicerina .....	86
6.4.1. Usos.....	87
6.4.2. Lubricantes .....	88
6.4.3. Recuperación de derrames de petróleos .....	89
6.4.4. Glicerina Destilada.....	90
6.4.5. GTBE (Aditivo para combustibles).....	91



Capítulo 7 .....	93
Comparación entre el Combustible fósil vs Biodiesel .....	93
7.1 Características del biodiesel .....	93
7.2. Diésel B5 .....	93
7.3. Características del Diésel.....	94
7.4. Comparación.....	95
Capítulo 8 .....	97
Evaluaciones del Proyecto.....	97
8.1 Evaluación Económica – Financiera .....	97
8.1.1 Evaluación de la inversión: .....	97
8.1.2 Evaluación de Costos .....	98
8.2 Evaluación Ambiental del Proyecto .....	101
ANEXOS.....	103
Referencias .....	106



## INTRODUCCIÓN

Actualmente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera está trayendo como consecuencia el incremento del calentamiento global, siendo el petróleo y sus derivados unos de los causantes de este fenómeno. Esta disyuntiva impulsa a las naciones a optar por fuentes de energías alternativas, renovables y limpias, como los biocombustibles (Tesis PUCP, 2007).

A su vez, sabemos que el aceite de cocina se emplea diariamente, ya sea en hogares, en restaurantes o empresas que usan el aceite en sus actividades. Pero luego de ser usado ¿dónde se desecha?

En el Perú no existe una cultura correcta sobre su desecho, la mayoría de las personas/empresas, suelen utilizarlo y posteriormente verterlo por las tuberías, dañando así estas mismas y contaminando miles de litros de agua de ríos y mares

Frente a estas problemáticas se analizará una alternativa de solución, la cual consiste en recolectar el aceite residual de las industrias chifleras piuranas, las cuales son las que mayor cantidad de este insumo utilizan, para posteriormente obtener biodiesel. Buscando así contribuir al cuidado del medio ambiente, ayudando a disminuir los niveles de contaminación del agua por el aceite residual y logrando reducir las emisiones que se generan con respecto al uso de diésel como combustible.

Entonces lo que se realizará es el diseño de una línea de producción para la obtención de biodiesel a partir de aceite residual de la industria chiflera piurana, el cuál abarcará la selección de insumos, equipos, distribución en planta, localización, ubicación y el análisis financiero respectivo donde se muestren las alternativas para el financiamiento del proyecto y demostrar que es viable es realizarlo.



## Capítulo 1

### Antecedentes de la Investigación

#### 1.1. Investigaciones previas

En las últimas décadas el ser humano se ha visto con un gran problema su principal fuente energética no es ilimitada, por lo que se ve en la necesidad de buscar fuentes de energía renovables. A este problema se le suma la contaminación del medio ambiente, debido a las emisiones que se generan y al incorrecto desecho de residuos, por lo que se fomenta el reciclaje.

El biodiesel se ha convertido en una alternativa de fuente de energía. Actualmente países como EE.UU y Alemania, lo han usado e implementado en vehículos con éxito pero no mucha acogida (Avellaneda Vargas, 2010).

La incorrecta gestión de residuos, para nuestra investigación el residuo de aceite de fritura, genera una gran contaminación en nuestros ríos y mares, y el deterioro temprano de nuestras tuberías, habiendo mayor probabilidad de colapso de desagüe (Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente, 2017).

Por ello desde hace ya algunos años se ha experimentado obtener biodiesel a partir del residuo de aceite de fritura usado, ya que al usar como materia prima este aceite hace que el precio del biodiesel sea más barato que diésel, haciéndolo más comercial.

Estudios e implementaciones realizados en otros países, como en España, donde cada Municipio se encarga de la recolección del aceite de fritura usado para su posterior procesamiento para obtener biodiesel. El cual siguiente el proceso necesario cumple con las mismas características que el biodiesel producido de aceite virgen (Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente, 2017).

En cuanto al Perú, en la sede de Lima de Soluciones Prácticas – ITDG (antes ITDG) en el año 2000 se realizaron las primeras pruebas documentadas de producción de biodiesel en el Perú, las mismas que se probaron con éxito en motocultores de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM. Posteriormente, desde el año 2003, y hasta la actualidad, estas instituciones conformaron un equipo permanente de investigación, con sede en el Laboratorio de Energías Renovables de dicha universidad, orientado principalmente al estudio de dos posibles escenarios para la producción y uso de biodiesel en el Perú: la elaboración artesanal y a pequeña escala en comunidades amazónicas aisladas a partir de aceites de especies vegetales abundantes, nativas o introducidas como una posible solución al problema de acceso a la energía de dichas comunidades; y, la producción a partir de aceites vegetales usados en zonas urbanas para ser usado como aditivo del combustible diésel en vehículos de transporte terrestre para reducir las



emisiones de gases contaminantes y como una alternativa para resolver la disposición final de los aceites usados (Castro, Coello, & Castillo, 2007).

Con el apoyo del CONCYTEC se han llevado a cabo los siguientes proyectos: entre el 2003 y el 2005, el primer proyecto de investigación científico-tecnológica de biodiesel en el Perú, denominado Producción de biodiesel a pequeña escala a partir de recursos oleaginosos amazónicos; entre el 2004 y el 2005, el estudio Diseño de un sistema sostenible de producción y uso de biodiesel apropiado para poblaciones aisladas de la selva amazónica, contando además con la participación de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); entre el 2005 y el 2006 se realizó la Construcción y puesta en operación de la planta modelo de producción biodiesel; y recientemente , entre el 2006 y el 2007, se viene desarrollando la investigación Deshidratación de etanol a pequeña escala para la producción de biodiesel en poblaciones aisladas de la selva amazónicas (Castro, Coello, & Castillo, 2007).

En lo que respecta a la información relacionada al tema de elaboración de biodiesel a partir de aceite de cocina usado, hemos encontrado los siguientes estudios relacionados:

- ❖ “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIESEL A BASE DE ACEITES USADOS EN LIMA” repositorio PUCP, su estudio abarca la planeación de establecer una planta en la ciudad de Lima, que se dedique a realizar procesos para obtener biodiesel a partir de los aceites residuales usados en todos los restaurantes, obteniendo que este proyecto es económicamente viable.
- ❖ “ESTABILIDAD DEL ACEITE DE FRITURA DE CHIFLES” repositorio PIRHUA, el objetivo de la investigación es evaluar diversos parámetros, entre ellos el aceite usado, para aumentar el tiempo de vida de los chifles.
- ❖ “EVALUACIÓN DE UN PROCESO PARA OBTENER BIODIESEL USANDO TECNOLOGÍAS COMBINADAS A PARTIR DE ACEITES RESIDUALES”, encontrado con Google scholar, el objetivo de este estudio es evaluar las propiedades del aceite residual de diferentes procesos, para concluir si el aceite recolectado es apto para obtener biodiesel a partir de este.
- ❖ “DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE ACEITES VEGETALES USADOS EN CAÑETE PARA PRODUCIR BIODIESEL” repositorio PIRHUA, el objetivo de este estudio es obtener un diseño para el proceso de obtención de biodiesel a partir de los aceites vegetales recolectados en Cañete, haciendo una evaluación financiera, capacidad de línea y línea de proceso óptima.



❖ “DISEÑO DEL MÓDULO DE TRANSESTERIFICACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO PARA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES USADOS DE COCINA” repositorio PUCP, el producto de este estudio es el diseño de una planta piloto que ayudará a las investigaciones y obtener una base de conocimientos que permita aumentar la eficacia de los procesos de producción de biodiesel, a partir de aceite de cocina usados.

## 1.2. Evolución del consumo de biocombustibles

Según la OCDE-FAO (2016), el consumo de biocombustibles se incrementó rápidamente desde 556 MBPD<sup>27</sup> en el 2002 a 2 557 MBPD en el 2015, lo que significa un crecimiento anual de 13.6%. En el caso del Etanol, los principales consumidores son Brasil y Estados Unidos. En el año 2015, Brasil representó el 25% del consumo total de etanol, mientras que Estados Unidos representó el 46%. En el caso del biodiesel, Europa representó el 39% del consumo total (Cordano, Sandoval, & Jaramillo, 2016).

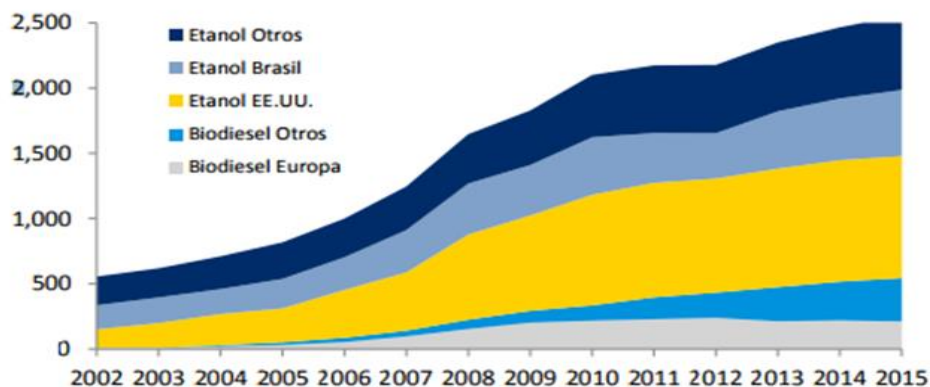


Gráfico 1 Consumo mundial de biocombustibles (MBPD)

Fuente: OCDE-FAO (2015). Elaboración: GPAE-Osinergmin, citado por Cordano, A. L., Sandoval, R. d., & Jaramillo, F. J. (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*.

Según el Biofuels Barometer de EurObserv'ER, en el 2015 el consumo de biocombustibles en la Unión Europea ascendió a 14 millones de toneladas equivalente de petróleo<sup>30</sup>. Seis países concentraron el 69% del consumo total de biocombustibles para el transporte en la Unión Europea, siendo el más importante Francia con 21%, seguido por Alemania (18%), Suecia (8%) e Italia (8%). En términos de tipo de combustible, el biodiesel y bioetanol concentran el 99% del consumo de biocombustibles para el transporte (Cordano, Sandoval, & Jaramillo, 2016).



Tabla 1 Consumo de biocombustibles para el transporte en la UE, 2015\*. (Toe)

País	Bioetanol	% Bioetanol	Biodiesel	% Biodiesel	Otros biocombustibles	Consumo Total
Francia	433 839	16%	2 562 445	23%	0	2 996 284
Alemania	756 449	28%	1 780 716	16%	41 798	2 578 964
Reino Unido	405 020	15%	520 270	5%	0	925 289
Italia	21 926	0.8%	1 131 175	10%	0	1 153 101
España	181 850	7%	788 667	7%	0	970 518
Suecia	136 270	5%	849 181	8%	105 933	1 091 384
Otros	807 483	29%	3 521 531	32%	1 911	4 330 924
<b>Total</b>	<b>2 742 837</b>	<b>100%</b>	<b>11 153 985</b>	<b>100%</b>	<b>149 642</b>	<b>14 046 464</b>

\*Valores estimados. Toe = Toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: OCDE-FAO (2015). Elaboración: GPAE-Osinergmin, citado por Cordano, A. L., Sandoval, R. d., & Jaramillo, F. J. (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*.

### 1.3. Biocombustibles líquidos

En el Perú, los biocombustibles que mayor interés han generado son el biodiesel y el bioetanol, ambos líquidos producidos en nuestro medio a partir de materias primas de origen agrícola, que están siendo utilizados como sustitutos del petróleo. (Hidrocarburos en el Perú, 2016)

Según el libro “Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables”, escrito por Henry García Bustamante, tenemos los siguientes datos (García, 2013):

Para el biodiesel los cultivos prioritarios son la palma aceitera, el piñón blanco, la higuera y la colza. La palma aceitera es el único cultivo que cuenta con un paquete tecnológico consolidado, y están en marcha, en especial para el piñón, diversas investigaciones y proyectos orientados a ese fin. Es importante resaltar que a la fecha se tiene un aproximado de 34 mil hectáreas de palma aceitera; esta producción se destina al consumo humano y como insumo de productos industriales, pero en la balanza tenemos un déficit de aceites y grasas, ya que importamos aproximadamente un 60% del consumo nacional.

El Cuadro 3 resume el grado de desarrollo del mercado tanto para el biodiesel y el alcohol anhidro (combustibles regulados a través del Reglamento de Comercialización de Biocombustibles), como para el aceite vegetal carburante y el alcohol hidratado (aún pendientes de regulación).



Tabla 2 Desarrollo del mercado para los combustibles líquidos en Perú

Zonas de producción de materia prima	Caña de azúcar: Costa Norte	Caña de azúcar: Amazonía	Palma: Amazonía	Palma: Amazonía
	Sorgo dulce: Costa Norte		Piñón: Costa y Amazonía deforestada	Piñón: Costa y Amazonía deforestada
			Higuerilla: Costa y Amazonía deforestada	Higuerilla: Costa y Amazonía deforestada
			Colza: Sierra	Colza: Sierra
Existencia de plantas de transformación	En proceso de implementación	Sí	Sí	Sí
Ubicación de plantas	Piura	San Martín, Ucayali	Lima, San Martín	San Martín, Lambayeque, Ica, Lima
Ámbito de consumo	Nacional	Local	Nacional	Local
Mercado depende de ley de biocombustibles	Sí, en caso de mercado nacional	No	Sí, en caso de mercado nacional	No
Para exportación	Sí	Consumo departamental	Por ahora no	Consumo departamental/local
Refinerías adecuadas	No	N.A.	Sí	N.A.
Transporte	Para exportación por Paita	Al interior de los departamentos, hacia la capital	Por camión a nivel nacional	Local

Fuente: García, H. (2013). *Matriz energética en el Perú y Energías Renovables*. Perú.

#### 1.4. Biodiesel.

El biodiesel o FAME (Fatty Acid Methyl Ester) es un combustible renovable proveniente de aceites vegetales o grasas de origen animal, que puede ser usado parcial o totalmente para reemplazar el combustible diésel de los motores de autoignición sin requerir una modificación sustancial de los mismos. (GUERRERO, 2013, citado por Palomino, 2013, pág. 9) Ya que sus propiedades son muy similares, destacando que el biodiesel presenta un punto de inflamación superior ("Biodiesel", n.d.).

A pesar de la similitud de las propiedades, actualmente la población no ve al biodiesel como su fuente energética, ya que el precio es mayor con respecto al diésel. Este es el principal problema de comercialización del biodiesel (Medina, Chávez, Jáuregui; 2012).



El costo se debe principalmente al uso de materia prima de aceite vegetales vírgenes. Debido a esto, recientemente se ha explorado el proceso de biodiesel a partir de aceites de fritura usados (Medina, Chávez, Jáuregui; 2012).

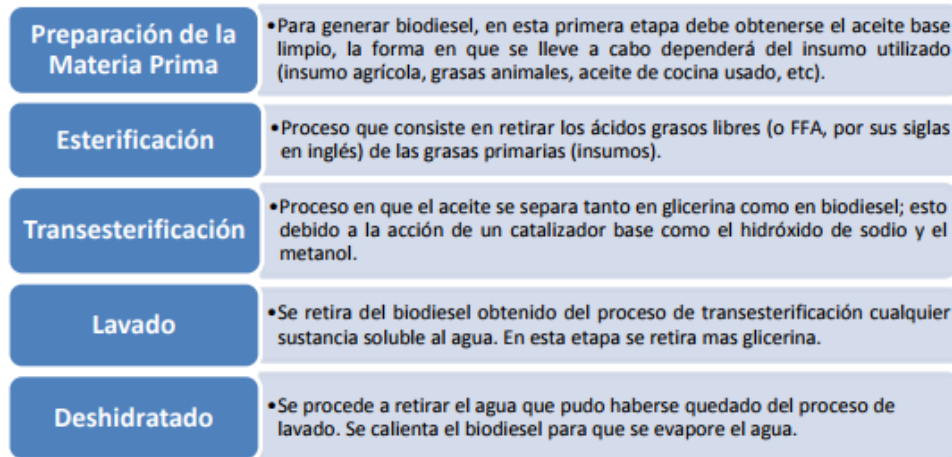


Gráfico 2 Proceso de obtención de Biodiesel

Fuente: SAGARPA, citado por Cordano, A. L., Sandoval, R. d., & Jaramillo, F. J. (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*.

### 1.5. Evolución del biodiesel

Según el libro “OPCIONES PARA LA PRODUCCIÓN Y USO DE BIODIESEL EN EL PERÚ”, escrito por Paula castor, Javier Coello y Liliana Castillo obtenemos la siguiente información con respecto a la evolución del biodiesel con el paso de la historia (Castro, Coello, & Castillo, 2007):

La idea de usar aceites vegetales como combustible para los motores de combustión interna data de 1895, cuando el Dr. Rudolf Diesel desarrollaba su motor. En la presentación del motor diésel en la Exposición Mundial de París, en 1900, el Ing. Diesel usaría aceite de maní como combustible, o, mejor dicho, como biocombustible.

Años después Diesel fue muy claro al señalar que «el motor diésel puede funcionar con aceites vegetales, esto podría ayudar considerablemente al desarrollo de la agricultura de los países que lo usen así». Hacia 1912 afirmaría que «el uso de los aceites vegetales como combustibles para los motores puede parecer insignificante hoy en día, pero con el transcurso del tiempo puede ser tan importante como los derivados del petróleo y el carbón en la actualidad» (Shay, 1993, citado por Castro, Coello, & Castillo, 2007).

La principal razón por la que actualmente no podríamos usar aceites vegetales directamente en los motores es, precisamente, su mayor viscosidad. La química proporciona una solución para disminuir esta viscosidad: la transesterificación. Este



proceso fue desarrollado por los científicos E. Duffy y J. Patrick a mediados del siglo XIX, cuarenta años antes que Diesel desarrollara su motor de combustión interna. La transesterificación, en sencillo, consiste en reemplazar el glicerol (alcohol trivalente) por un alcohol monovalente («más ligero») usualmente metanol o etanol, formando moléculas más pequeñas (ésteres mono-alquílicos, comúnmente denominado biodiesel), con una viscosidad similar a la del combustible diésel derivado del petróleo. Asimismo, se produce glicerina, sustancia que tiene numerosos usos en diversas industrias.

Durante el siglo XX, se tuvieron algunos intentos para utilizar aceites como combustible para vehículos. Antes de la segunda guerra mundial se introdujo el uso de aceites transesterificados como combustible en vehículos pesados en el África. Posteriormente se realizaron algunos ensayos en Alemania y Austria con aceite de colza (*Brassica Napus*); en Cabo Verde y en Malí también con aceite de piñón (especies del género *Pinus*, familia *Pinaceae*), obteniéndose excelentes resultados

Sin embargo, el resurgimiento de la idea de Diesel, de emplear aceites vegetales en sus motores, empieza a cobrar fuerza nuevamente hacia finales del siglo XX, esta vez bajo la forma de biodiesel, e impulsado, principalmente, por preocupaciones ambientales relacionadas con el cambio climático y la necesidad de encontrar alternativas al uso de combustibles fósiles.

El movimiento del biodiesel en el mundo toma un mayor auge con la espectacular subida de los precios del petróleo a partir del 2004, a tal punto que los precios de los aceites vegetales y las grasas animales se empiezan a equiparar con los del diesel y generan este reciente "boom" de los biocombustibles líquidos a nivel mundial, que incluye también al bioetanol, que es básicamente etanol o alcohol etílico, que puede utilizarse como complemento o sustituto de la gasolina.

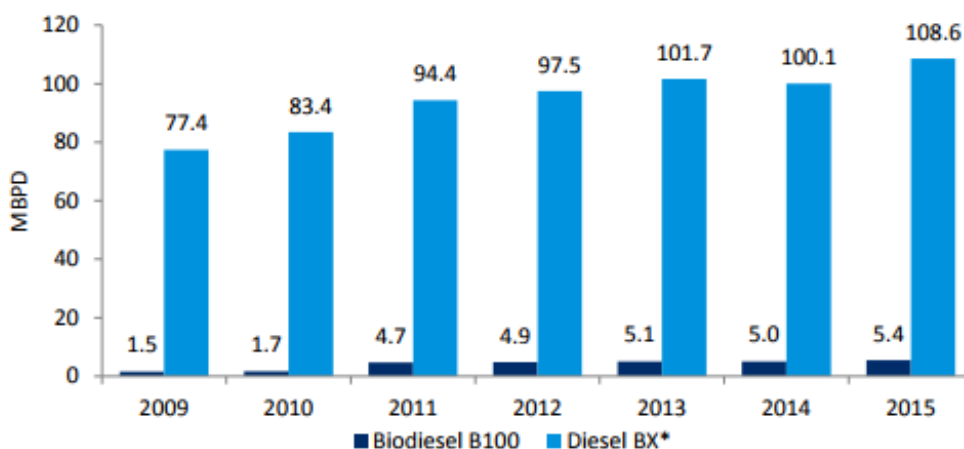
## 1.6. Situación Actual

### 1.6.1. Mercado del Biodiesel a Nivel Nacional

#### 1.6.1.1. Demanda de Biodiesel en el Perú

Con respecto a la demanda del biodiesel, tal como se puede apreciar en el gráfico que se muestra a continuación, ésta ha venido en aumento debido a la existencia de porcentajes de mezcla establecidos en el Reglamento de Comercialización de Biocombustibles. En dicho reglamento se estableció que el volumen del biodiesel en la mezcla debe ser del 2% obligatoriamente desde el 2009 (B2) y de 5% desde el 2011 (B5) (Vásquez, 2016).





\*Incluye Diésel B2, B5, B5 S-50 y B5 GE

Gráfico 3 Evolución de la demanda de biodiesel en Perú

Fuente: Vásquez (2016) *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*.

Por otro lado, las importaciones de biodiesel en el año 2015 fueron de 374 millones de dólares FOB, alcanzando los 2 009 MBLS en volumen. Las principales empresas importadoras fueron Petroperú (63%), RELAPASA (28%) Repsol Trading Perú (6%) y Pure Biofuels (3%). La mayor parte de las importaciones provinieron de Argentina (57%) y España (27%). El volumen importado equivale a 5.5 MBPD, lo cual concuerda con la demanda estimada en el gráfico presentado anteriormente, teniendo en cuenta las mermas producidas por el transporte del combustible a las refinerías, y también considerando las bajas producciones de biodiesel a nivel nacional debido a las medidas de subvención de países como Argentina, lo cual permite que el precio sea mucho menor y así generando un “dumping”. (Vásquez, 2016)

La evolución de las importaciones de los últimos años muestra que la demanda nacional se cubre en una gran proporción por medio de estas. En efecto, en el 2015 la demanda estimada de etanol fue de 2.8 MBPD mientras que las importaciones fueron de 1.4 MBPD, el 50%. Más evidente es el caso del biodiesel, donde, como ya se mencionó en un párrafo anterior, la demanda estimada fue de 5.4 MBPD y se importó 5.5 MBPD.

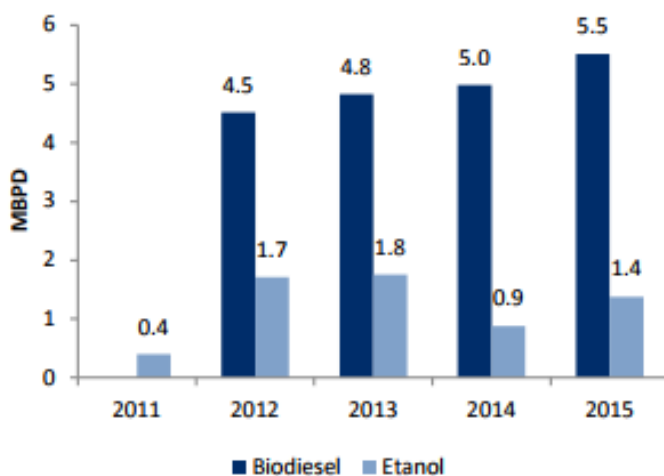


Gráfico 4 Evolución de las importaciones

Fuente: Aduanas. Elaboración: GPAE-Osinergmin

#### 1.6.1.2. Costos de producción estimados de biodiesel a partir de palma de aceite y jatropha

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, podemos estimar que:

Los costos de producción de biodiesel a partir de palma aceitera se estiman entre 0,23 y 0,31 USD/128. Estos costos son comparables con los costos de producción de biodiesel citados para Brasil (0.30 USD/l)<sup>29</sup> y están por debajo de costos estimados para biodiesel a partir de otras materias primas como por ejemplo soya (0.53 USD/l en Estados Unidos de América). (Crispin, 2010)

Los costos de producción de biodiesel a partir de Jatropha en el Perú se estimaron entre 0,83 a 0,86 USD/l. Estos son más bajos que los costos estimados para Zambia (0,95USD/l) y cercanos a los estimados para Mozambique y Tanzania (entre 0,78 y 0,81 USD/l). (Crispin, 2010)

#### 1.6.2. Empresas representativas

En el Perú existen 3 principales empresas representativas de producción de biodiesel a gran escala. Cabe recalcar que estas empresas compiten con la industria argentina, la cual tiene grandes cantidades de exportaciones a Perú debido a que, al ser subsidiados, los precios son



bajos comparados con el mercado regular. Sin embargo, Indecopi ya tomó cartas en el asunto y se empezó a cobrar aranceles “antidumping” al biodiesel importado a nivel nacional. (Indecopi, 2016)

Dichas empresas representativas son:

- Pure Biofuels del Perú:

Empresa fundada en el 2006, y que empezó con la construcción de su planta en el año 2007. Cuenta actualmente con 133 trabajadores y una capacidad de producción anual estimada en 52 millones de galones de biodiesel. Pure Biofuels obtiene su biodiesel a partir de plantaciones de jatropha, el cual es un cultivo que no compite con las plantaciones destinadas al consumo humano, y que además puede crecer en tierras erizadas (Andina, 2008).

- Heaven Petroleum Operators

Es una empresa perteneciente al grupo Herco Combustibles, y posee una planta de producción industrial de Biodiesel ubicada en Lurín, Lima, inaugurada en el mes de enero del año 2008. Esta planta posee una capacidad de producción de 120,000 galones por día de biodiesel B100, además de biorec y glicerol de grado industrial. Los principales clientes de esta empresa son Repsol, Maple Gas y Petroperú (Heaven Petroleum Operators, 2017).

- Industrias del Espino

Empresa ubicada en Palmawasi, Tocache, Departamento de San Martín, fue fundada en 1993 y se dedica a la elaboración de biodiesel a partir de aceite de palma que ellos mismos cosechan. Su capacidad de producción de biodiesel está estimada en 45000 galones por día (Palmas, 2010).

### 1.6.3. Investigación de la gestión del aceite de fritura a nivel nacional

En el Perú se producen aproximadamente 270,300 toneladas métricas de aceite vegetal comestible, sumado a una importación estimada en 38,000 toneladas métricas (Diario Gestion, 2014).

Al final del uso que se le da al aceite de cocina, un porcentaje de éste ya no puede ser utilizado, sin embargo, el error que cometen muchas empresas es desechar dicho aceite en los contenedores de basura o directamente en las tuberías (lo cual es peor porque incrementa drásticamente el impacto ambiental negativo de desechar aceite). En otros casos, las empresas venden el aceite residual de manera informal a terceros, los cuáles utilizan el aceite para otras actividades de las que no se puede tener conocimiento.



A pesar de esto, existen dos tipos de empresas en el Perú dedicadas a la gestión de aceite de frituras utilizado: Las que se dedican a la conversión del aceite en biodiesel, y las que se enfocan solamente en la recolección de dicho aceite para su posterior venta. Algunas empresas representativas de ambos sectores son:

#### 1.6.3.1. Empresas dedicadas al reciclaje de aceite:

- ✓ **BiOils del Perú SA**  
Empresa líder en Latinoamérica respecto a la recolección y reciclaje de aceites residuales para su conversión en insumos para la industria química. Tiene presencia en países como Argentina, Chile, Ecuador y Perú (BiOils S.A , 2017).
- ✓ **CILSA – Compañía Industrial Lima S.A**  
Empresa peruana con más de 50 años de experiencia en el sector, dedicada al estudio, transporte y tratamiento de residuos que puedan ser reciclados y reutilizados, entre ellos el aceite de cocina, el cual puede ser convertido en biodiesel (CILSA Perú, 2017).

#### 1.6.3.2. Empresas dedicadas a la recolección de aceite:

- ✓ **Perú Ambiental SAC**  
Empresa peruana fundada en 2008, dedicada a la recolección tanto de desechos peligrosos como no peligrosos, entre éstos el aceite residual utilizado por las empresas peruanas (CILSA Perú, 2017).
- ✓ **Green Care del Peru SAC**  
Empresa fundada en 1997, cuenta con 20 años de experiencia en la recolección, transporte, tratamiento, comercialización y disposición final de residuos sólidos y líquidos, peligrosos y no peligrosos. Actualmente presta servicios de gestión de residuos, tanto interna (al interior de las locaciones mineras, energéticas, industriales, etc.) como externamente (recojo, transporte y disposición de residuos), a numerosas empresas e instituciones ubicadas tanto en el sector público como en el privado (Green Care, 2017).
- ✓ **AMPCO Perú**  
Empresa dedicada a la disposición, transporte y control de residuos peligrosos, aceites usados y combustibles contaminados. Protagonistas principales en el sector de residuos sólidos peligrosos, trabajando con las principales empresas



mineras del país, así como el sector automotriz, industrial y pesquero (Ampco Peru, 2017).

#### 1.6.4. Normativa legal y regulación del Biodiesel

##### 1.6.4.1. De la Ley N° 28054: Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles:

Son políticas generales:

1. Desarrollar y fortalecer la estructura científico-tecnológica destinada a generar la investigación necesaria para el aprovechamiento de los biocombustibles.
2. Promover la formación de recursos humanos de alta especialización en materia de biocombustibles comprendiendo la realización de programas de desarrollo y promoción de emprendimientos de innovación tecnológica.
3. Incentivar la aplicación de tecnologías, el desarrollo de proyectos experimentales y la transferencia de tecnología adquirida, que permitan la obtención de biocombustibles mediante la utilización de todos los productos agrícolas o agroindustriales o los residuos de éstos.
4. Incentivar la participación privada para la producción de biocombustibles.
5. Incentivar la comercialización de los biocombustibles para utilizarlos en todos los ámbitos de la economía en su condición de puro o mezclado con otro combustible.
6. Promover la producción de biocombustibles en la Selva, dentro de un Programa de Desarrollo Alternativo Sostenible.
7. Otros que determine el Poder Ejecutivo para el logro de lo establecido en el artículo 1 de la presente Ley.

##### 1.6.4.2. Del Decreto Supremo N° 013-2005-EM:

###### ***Artículo 3.- Definiciones***

*Biodiesel: Mezcla de ésteres (de acuerdo con el alcohol utilizado) de ácidos grasos saturados e insaturados de diferentes masas moleculares derivados de la transesterificación de aceites y grasas de origen vegetal. Para fines del presente reglamento se entiende como una sustancia oleaginosa obtenida a partir del aceite de palma, higuera, soya, girasol y otros aceites vegetales.*



**Artículo 8.- Porcentaje de mezcla - Diesel**

El porcentaje de Biodiesel en el diesel que se comercialice en el país será de 5,0 (cinco coma cero) por ciento. La mezcla que contenga 95% de Diesel N° 1 o N° 2 y 5% de Biodiesel se denomina Diesel Ecológico N° 1E y N° 2E

**Artículo 10.- Declaración Anual de Producción de biocombustibles**

Los productores nacionales de Alcohol Carburante y de Biodiesel deben presentar al Ministerio de Energía y Minas, en el mes de enero de cada año, sus planes de producción quinquenal de Alcohol Carburante y de Biodiesel, detallando el volumen de producción mensual y el área geográfica en la cual se realizará. El productor que no presente su plan de producción será considerado con producción cero por el Ministerio de Energía y Minas.

1.6.4.3. Especificaciones Técnicas Biodiesel – NTP 321.125.2008

Tabla 3 Especificaciones Técnicas Biodiesel – NTP 321.125.2008

Propiedad	Método de Ensayo (a)	Biodiesel B100	Unidades
Contenido de calcio y magnesio, combinado	EN 14538	5 Máx.	ppm (µg / g)
Punto de inflamación. (Copa cerrada)	ASTM D 93	93 mín.	°C
Control de Alcohol (uno de los siguientes debe ser cumplido:)			
1. Contenido de Metanol	EN 14110	0,2 Máx.	% volumen
2. Punto de inflamación	ASTM D 93	130,0 mín.	°C
Agua y sedimento	ASTM D 2709	0,050 Máx.	% volumen
Viscosidad cinemática a 40 °C	ASTM D 445	1,9 – 6,0 (b)	mm <sup>2</sup> /s
Ceniza sulfatada	ASTM D 874	0,020 Máx.	% masa
Azufre (c)	ASTM D 5453	0,0015 Máx. (15)	% masa (ppm)
Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D 130	N° 3	
Número Cetano	ASTM D 613	47 mín.	
Punto nube	ASTM D 2500	Reportar (d)	°C
Residuo de carbón (e)	ASTM D 4530	0,050 Máx.	% masa
Número acidez	ASTM D 664	0,50 Máx.	Mg KOH / g
Glicerina libre	ASTM D 6584	0,020 Máx.	% masa
Glicerina total	ASTM D 6584	0,240 Máx.	% masa
Contenido de fósforo	ASTM D 4951	0,001 Máx	% masa
Temperatura de destilación. Temperatura del 90% de recuperado equivalente a presión atmosférica.	ASTM D 1160	360 Máx.	°C
Contenido de sodio y potasio, combinado	EN 14538	5 Máx.	ppm (µg / g)
Estabilidad a la oxidación	EN 14112	3 min.	horas



## Capítulo 2 Marco teórico

### 2.1. Materia prima

Las materias primas disponibles para producir biodiesel en el Perú son variadas: aceites vegetales, grasas animales (sebo), aceites y mantecas comestibles usadas. Sin embargo, su cantidad no es suficiente para satisfacer una posible demanda a gran escala de biodiesel.

Las materias primas que mayor interés ha despertado en el Perú por su potencial para la producción de biodiesel son, sin duda alguna, la palma aceitera en la selva y la colza llamada también canola en la sierra. Otras materias primas potenciales serían también, la soya en la selva, el girasol en la sierra, la semilla de algodón en la costa, el piñón o tempate en zonas diversas, así como algunas fuentes alternativas como los aceites y grasas usadas, el aceite de pescado y el sebo animal (Abad, E., Acosta A., Burgos A., 2013). Así se muestran a continuación las más importantes:

- ***Aceites vegetales convencionales***

Las materias primas empleadas tradicionalmente en la elaboración de biodiesel han sido los aceites de semillas oleaginosas como el girasol y la colza (Europa), la soja (Estados Unidos) y el coco (Filipinas); y los aceites de frutos oleaginosos como la palma (Malasia e Indonesia). Por razones climatológicas, la colza (*Brassica napus*) se produce principalmente en el norte de Europa y el girasol (*Helianthus annuus*) en los países mediterráneos del sur, como España o Italia (Vicente, 2001). La utilización de estos aceites para producir biodiesel en Europa ha estado asociada a las regulaciones de retirada obligatoria de tierras de la Política Agraria Común (PAC) que permite el cultivo de semillas oleaginosas a precios razonables (BiodiSol, 2009).

Sin embargo, la dedicación de sólo las tierras de retirada para la producción de materias primas energéticas supone un riesgo por cuanto estas superficies varían en el tiempo, ya que el régimen de retirada de tierras depende de la oferta y la demanda de cereales alimentarios, lo que implica que este índice está sujeto a alteraciones. El uso de cultivos tradicionales como energéticos está condicionado además por la producción del aceite, ya que la producción media por hectárea de aceite de girasol resulta poco atractiva, desde el punto de vista del agricultor, para elegir este cultivo como fuente de obtención de biocarburantes (BiodiSol, 2009).

- ***Palma aceitera***

El principal cultivo oleaginoso en el Perú es la palma aceitera (*Elaeis guineensis*), que se produce principalmente en la región amazónica, y tendría aún un amplio potencial de crecimiento. Según cifras oficiales, la superficie instalada con plantaciones de palma



aceitera en el Perú asciende a 21.200 hectáreas, de las cuales alrededor del 60% (12.400 hectáreas) se encuentran en producción (ver Tabla 4). La productividad de estas plantaciones tiene una gran variación según el nivel de tecnología que se emplee.

Su rendimiento se encuentra en un rango entre 1,7 y 5,7 toneladas de aceite crudo por hectárea (Sáenz, 2005). Se estima que habría alrededor de 32 mil productores de palma, ubicados en diferentes zonas de Loreto, San Martín, Huánuco y Ucayali, quienes se encuentran organizados en la Confederación Nacional de Palmi cultores y Empresas de Palma Aceitera (CONAPAL). Existen, además, cuatro plantas extractoras de aceite, ubicadas en Pucallpa, Aguaytía y Tocache, cuya capacidad se encuentra subutilizada en la actualidad. Se requeriría ampliar las áreas de cultivo de palma hasta unas 70 mil hectáreas con el fin de satisfacer la demanda de estas plantas (CEPES, 2004).

*Tabla 4 Áreas de cultivo de palma aceitera*

Región	Área en producción (ha)	Área en crecimiento (ha)	Área en vivero (ha)	Área por rehabilitar (ha)	Área total (ha)	Producción de racimos (TM)	Producción de aceite crudo(TM)
San Martín	9.800	2.570	1.320	0	13.690	180.000	39.600
Ucayali	2.537	1.895	1.500	0	5.932	36.592	8.050
Loreto	100	500	500	300	1.400	1.200	264
Huánuco	0	0	200	0	200	0	0
TOTAL	12.437	4.965	3.520	300	21.222	217.792	47.914

Fuente: Direcciones Regionales Agrarias de San Martín, Ucayali, Loreto y Huánuco. Elaborado por ProAmazonía (Sáenz, 2005).

### ○ *Piñón*

Si bien la producción y las experiencias en el Perú con el piñón o tempate (*Jatropha curcas*) son más bien escasas, éste es otro de los cultivos que ha generado gran interés por sus posibles ventajas que presentaría para la producción de biodiesel. A saber (Foidl y Eder, 1997; Henning, 1998; Vinayak y Singh, 1998): crece desde el nivel del mar hasta los mil metros sobre el nivel del mar; se adapta a suelos pobres, arenosos y/o alcalinos; es muy resistente a la sequía, requiriendo un mínimo de 250 mm/año de precipitación para sobrevivir; para su producción óptima se requeriría entre 900 y 1.200 mm/año de precipitación; es un cultivo perenne, con una vida útil de 30 a 50 años; se estima que la fijación de CO<sub>2</sub> en troncos y raíces estaría entre las 7 y 8 t/ha/año, más del doble que cualquier cultivo maderero (Castro P.,2007).

Esta planta oleaginosa es nativa de América y actualmente se encuentra difundida a lo largo de las regiones tropicales áridas y semiáridas de América, África y Asia. En el Perú es usual encontrar el piñón utilizado como cerco vivo, en la selva alta del norte de la región





Cajamarca, aprovechando su toxicidad que mantiene alejado al ganado. De modo más reciente se tiene noticias de las primeras plantaciones que se habrían instalado, tanto en condiciones de selva baja (Ucayali), como de costa (Lima y Piura) (Castro P.,2007).

- ***Aceites vegetales alternativos***

Además de los aceites vegetales convencionales, existen otras especies más adaptadas a las condiciones del país donde se desarrollan y mejor posicionadas en el ámbito de los cultivos energéticos. En este sentido, destacan la utilización, como materias primas de la producción de biodiesel, de los aceites de *Camelina sativa*, *Crambe abyssinica* y *Jathropa Curcas*. Existen otros cultivos que se adaptan mejor a las condiciones de España y que presentan rendimientos de producción mayores.

En concreto, se trata de los cultivos de *Brassica carinata* y *Cynara cardunculus*. La *Brassica carinata* es una alternativa real al secano y regadío extensivo. La *Cynara cardunculus* es un cultivo plurianual y permanente, de unos diez años de ocupación del terreno, y orientado fundamentalmente a la producción de biomasa, aunque también pueden aprovecharse sus semillas para la obtención de aceite. Se obtienen de 2.000 a 3.000 kilogramos de semillas, cuyo aceite sirve de materia prima para la fabricación de biodiesel (BiodiSol, 2009).

- ***Aceite de fritura usados***

El aceite de fritura usado es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costes de tratamiento como residuo. Además, como valor añadido, la utilización de aceites usados significa la buena gestión y uso del residuo.

El informe sobre el marco regulatorio de los carburantes propone reciclar aceite de fritura en biodiesel. Esta alternativa es la que más ventajas tiene porque además de producir combustible elimina un residuo contaminante como es el aceite usado. Este aceite da problemas al depurar el agua; sin embargo, su recogida es problemática.

La Comisión Europea propone que el Ministerio de Medio Ambiente y los Ayuntamientos creen un sistema de recogida de aceite frito, oleínas y grasas en tres etapas: industrial, hostelería y doméstica. La utilización de aceites usados presenta dificultades logísticas, no sólo por su recogida, como se ha dicho, sino también por su control y trazabilidad debido a su carácter de residuo (BiodiSol, 2009).

En el año 2005, los residentes de la localidad de Graz en Austria recolectaron aproximadamente 80 toneladas de aceite usado, y los restaurantes del lugar recolectaron 180 toneladas, entre los cuales se encontraba la cadena de comida rápida McDonald's. Este aceite es procesado y convertido en biodiesel. De un kilogramo de aceite comestible usado se obtiene 0,85 litros de



biodiesel. No se dispone de datos respecto de los costos de este biodiesel, aunque en la ecuación económica global la firma incluye un objetivo de posicionamiento de la marca en una Europa muy consciente de las cuestiones ambientales, con lo que absorbe los costos hundidos (costos de recolección del aceite reciclado) imputándolos a publicidad para llegar a un precio de venta competitivo del biocombustible elaborado (Oficina Comercial de Austria, 2005). En la práctica el sector industrial con mejores condiciones de proveer materia prima con los requisitos técnicos mínimos en los volúmenes demandados para uso extendido y continuo por un mercado masivo como el de combustibles, es la industria de oleaginosas (Castillo, 2007b).

- ***Grasas animales***

Además de los aceites vegetales y los aceites de fritura usados, las grasas animales, y más concretamente el sebo de vaca, pueden utilizarse como materia prima de la transesterificación para obtener biodiesel. El sebo tiene diferentes grados de calidad respecto a su utilización en la alimentación, empleándose los de peor calidad en la formulación de los alimentos de animales (BiodiSol, 2009).

A continuación, se muestra un cuadro comparativo entre las distintas maneras de obtener aceite para la elaboración de biodiesel:



Tabla 5 Cuadro comparativo entre las distintas maneras de obtener aceite para la elaboración de biodiesel

Materia Prima	Rendimiento	Temperaturas	Ventaja	Desventaja
Palma aceitera	50%	17-25°C	Su alta demanda (segundo aceite vegetal demandado en el mundo después del de soya) hace que exista una oferta amplia en el mercado.	Tarda mucho en ser productiva y las condiciones para su cultivo son bastante específicas (>56% humedad, 1800 – 2200 mm Agua anuales)
Piñón	45%	10-36°C	Tóxico para el consumo humano, por lo que toda la producción está será usada en producción de biocombustibles.	Reemplaza terrenos de cultivo de otras plantas que sí son de consumo humano, generando conflictos sociales.
Girasol	40% - 55%	15-30°C	Bastante común y de alta oferta en el mercado.	Se destina a consumo humano por lo que su uso para producir combustibles puede tener impactos socio-económicos. (alza de precios)
Soya	23%	15-30°C	Alta demanda que puede alzar los costos.	Se destina a consumo humano por lo que su uso para producir combustibles puede tener impactos socio-económicos. (alza de precios)
Aceite usado	86,4%	Aceite ya fabricado	Es un desecho común aprovechable.	Para que el biodiesel obtenido sea de calidad, se requiere pretratamiento.

Fuente: Abad, E., Acosta A., Burgos A., 2013



## 2.2. Insumos y catalizadores:

- Alcohol:

El principal insumo para la producción de biodiesel es el alcohol, el cual representa en un 10-15% de los insumos consumidos en volumen. Los alcoholes más utilizados para la producción de biodiesel son metanol y etanol. Se puede utilizar otros alcoholes como propanol, isopropanol, butanol y pentanol pero estos son mucho más sensibles a la contaminación con agua (es decir, la presencia de agua en mínimas cantidades impide la reacción) (Unam, 2012).

- a) Metanol

El Metanol es un compuesto químico, al cual se le denomina también alcohol metílico o alcohol de madera. Se presenta como un líquido ligero a temperatura, su fórmula química es  $CH_4O$  /  $CH_3OH$  (Insht, 2010).

El metanol es un compuesto toxico cuando se ingiere, se inhala o al contacto con la piel, además se considera altamente inflamable, sus gases se encienden a una temperatura de  $12^{\circ}C$ , por encima de esta temperatura las mezclas de aire y vapor de metanol son explosivas. El metanol arde con una llama incolora, de manera que no es fácil notar si se enciende. Por ello se deben tomar medidas de seguridad adecuadas al trabajar con metanol, así como adecuada ventilación y etiquetado, sistemas cerrados de manipulación y equipamiento de protección personal para evitar el contacto, inhalación o ingestión de este alcohol.

Cabe mencionar además que el metanol se obtiene principalmente de fuentes fósiles no renovables: del gas natural o gas metano. También es posible obtenerlo mediante destilación seca de la madera, pero este proceso aún no se aplica a gran escala (Insht, 2010).

- Catalizadores alcalinos:

Son los catalizadores más comúnmente utilizados para la producción de biodiesel. Su principal ventaja es que se obtiene un alto rendimiento de éster en cortos tiempos de reacción en condiciones de reacción suaves. Sin embargo, los catalizadores alcalinos son altamente sensibles a los ácidos grasos libres en los aceites vegetales (Agustian, 2012).



a) Hidróxido de sodio (NaOH)

Este catalizador se encuentra en forma de cristales y es necesario que sean disueltos antes de llevar a cabo la transesterificación. Tiene como ventaja, producto muy barato y fácil de conseguir; el hidróxido de sodio es una sustancia muy corrosiva y causa quemaduras severas en todos los tejidos con los que entra en contacto. El NaOH absorbe humedad del ambiente, lo cual hace que los cristales se peguen entre sí y sean más difíciles de manipular, y además reduce su eficacia. Finalmente, la reacción con el metanol es exotérmica, genera calor, y el tanque donde se realiza esta disolución debe mantenerse refrigerado (Bengoagrostiza, 2012).

2.3. Proceso de Producción del Biodiesel.

- Diagrama de flujo del proceso

Para la obtención de Biodiesel a partir de aceites usados de cocina, se tomó en cuenta el método descrito por el personal de Whitman Direct Action (2011); así como, referencias de la técnica del Dr. Pepper. El proceso se resume en el siguiente diagrama de flujo:

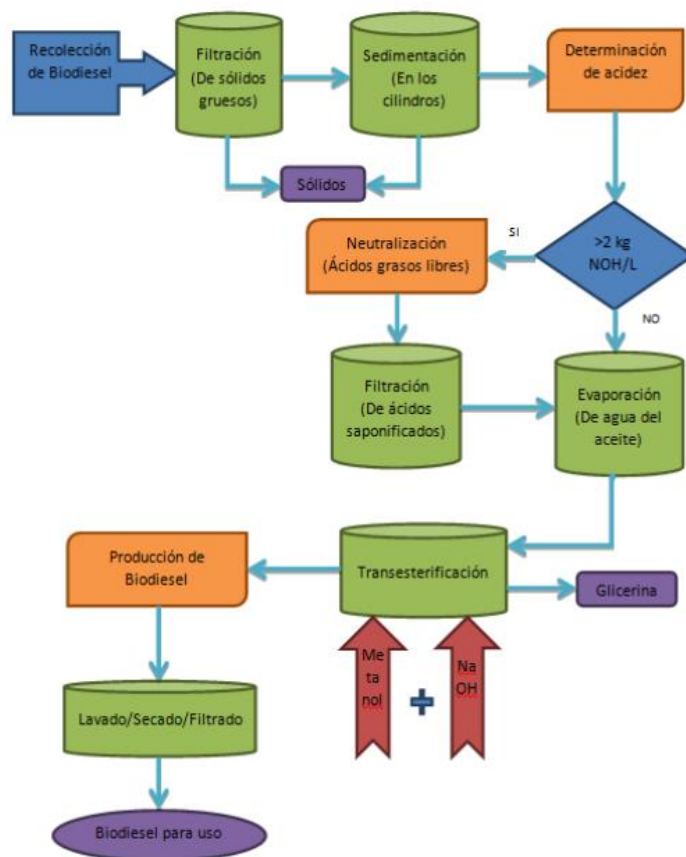


Figura 1 Diagrama de flujo: Producción de Biodiesel



### 2.3.1. Descripción del diagrama de flujo

El aceite usado recolectado para la producción de biodiesel llega a la planta de tratamiento y es almacenado en tanques cilíndricos, para luego ser tratado; lo que permite eliminar impurezas, toxinas y olores desagradables, produciendo un aceite con sabor y olor suaves, aspecto limpio, color claro y estabilidad frente a la oxidación. El refinado del aceite implica un costo adicional, pero permite eliminar ceras, jabones, impurezas y humedad que pueden ser perjudiciales para el motor diésel. Como parte del proceso de pretratamiento se pueden presentar pérdidas del orden del 4 al 8% respecto de la masa original de aceite usado de cocina (Tesis PUCP, 2007).

Este proceso inicia con el filtrado, mediante el uso de unas mallas metálicas. Posteriormente, se deja sedimentar durante una semana aproximadamente para poder separar el aceite de restos sedimentables. Se toma una muestra y se mide el grado de acidez del aceite, y si éste es mayor a 2 Kg de NOH/Litro de aceite, entonces se neutraliza para luego ser filtrados los ácidos saponificados, y se evapora para separar el agua del aceite. Si el grado de acidez no supera el límite permisible, se realiza directamente la operación de evaporación. Hasta aquí se detalla el proceso de pretratamiento del aceite (Whitman Direct Action, 2011).

Para convertir el aceite en Biodiesel se requiere de la Transesterificación. El aceite tratado previamente se transfiere desde el tanque de almacenamiento hasta el reactor, donde se calienta hasta 50°C, para luego incorporar el metanol y el catalizador (NaOH). Cuando se haya producido la reacción, se obtiene biodiesel crudo y glicerina. Para obtener un producto de mayor calidad, se procede a limpiar el biodiesel crudo: lavando, secando y filtrando (BiodiSol, 2012).

Para poder entender mejor el proceso de producción del biodiesel es necesario mencionar ciertas características de los compuestos utilizados en tal proceso. De esta manera, se presenta la siguiente tabla:

*Tabla 6 Características de los compuestos utilizados en el proceso de obtención de biodiesel*

<b>Compuesto</b>	<b>Fórmula Química</b>	<b>Estado Físico a temperatura ambiente</b>	<b>Punto de Fusión (°C)</b>	<b>Punto de Ebullición(°C)</b>	<b>Temperatura de Auto-ignición (°C)</b>	<b>Densidad (gr/cm3)</b>
<b>Aceite:</b>	-	Líquido	-3,5	300	-	0,83
<b>Agua</b>	H <sub>2</sub> O	Líquido	0	100	-	1,00
<b>Metanol</b>	CH <sub>3</sub> OH	Líquido	-97,2	64,7	385	0,79



<b>Hidróxido de sodio</b>	NaOH	Sólido	323	1390	-	2,10
<b>Alcohol Isopropílico</b>	H3C- HCOH- CH3	Líquido	-89,0	82,0	399	0,79
<b>Fenolftaleína</b>	C20H14C4	Líquido	258	-	-	0,89
<b>Biodiesel</b>	-	Líquido	-	190-340	>100	0,88
<b>Glicerina</b>	C3H5(OH)3	Líquido	18,0	290	350	1,26

Fuente: Universidad de Chile (2011)

Para la elaboración de biodiesel es necesaria una serie de procesos, detallados a continuación.

### 2.3.2. Operaciones unitarias

El proceso de elaboración de biodiesel se lleva a cabo gracias a la aplicación de técnicas industriales u operaciones, necesarias para la transformación del aceite de cocina usado a biodiesel. Estas operaciones unitarias se caracterizan por ser imprescindibles durante el proceso y por no presentar reacciones químicas. Las que intervienen en la elaboración del biocombustible son:

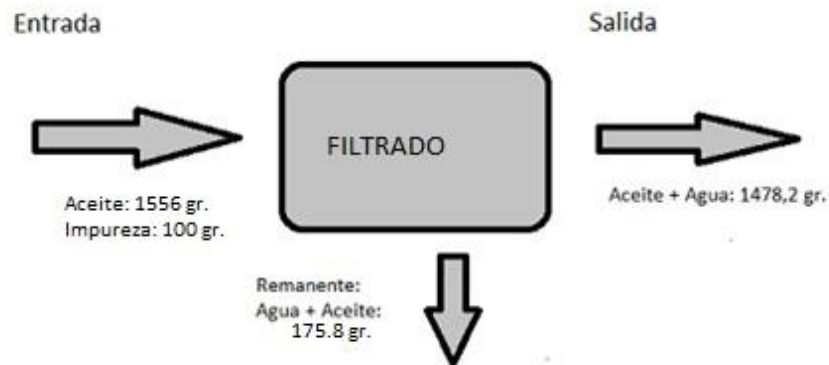
#### 2.3.2.1. Pretratamiento del aceite

El pretratamiento consiste en acondicionar los aceites usados de cocina para que puedan ser procesados con catálisis alcalina, ya que presentan como problema la presencia de gran cantidad de ácidos grasos libres, humedad e impurezas sólidas.

##### a) Filtrado

Consiste en la retención de impurezas sólidas y generalmente se hace con un tamiz de 5 micras. Puede efectuarse en caliente para agilizar el flujo del aceite o a baja temperatura “winterización” para eliminar grasas que solidifican (ceras) o productos con bajos puntos de fusión provenientes de los procesos de fritura (Castro, P., 2007).

Se tiene una entrada de aceite e impurezas con una masa de 1656 gr.



*Figura 2 Diagrama entrada salida del proceso de Filtrado.*

Fuente: Elaboración propia

#### b) Desgomado

El desgomado con agua se realiza para reducir la cantidad de fosfolípidos y fosfátidos en los aceites. Se busca hidratar las gomas y hacerlas insolubles en el aceite, para posteriormente puedan ser removidas por decantación o centrifugación. La cantidad de agua a usar debe ser similar al peso seco de las gomas a remover (Castro, P., 2007).

Como el aceite usado suele contener partículas o impurezas de comida, están traen consigo agua, es por esto que debemos secar en su mayor grado posible toda la que este en nuestro aceite, para que la reacción sea más rápida y no genere la producción de jabón. El proceso elegido es calentar el aceite a 60°C y mantenerlo por 15 minutos en ese estado, luego vaciar el aceite en un frasco nuevo y dejarlo reposar durante 24 horas.



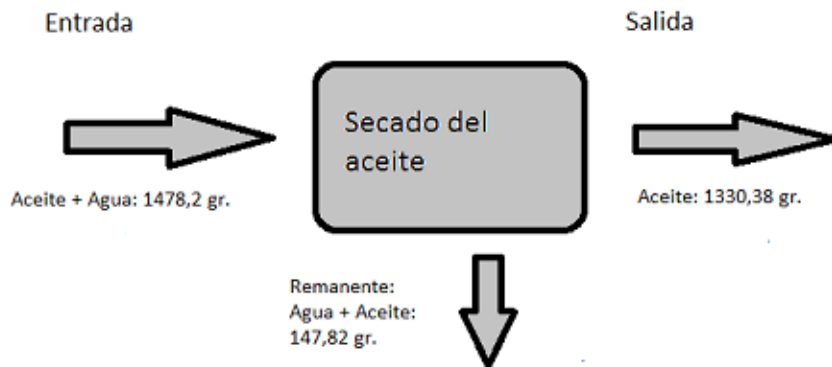


Figura 3 Diagrama entrada salida proceso de secado

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.2.2. Valoración:

Mientras más veces sea utilizado el aceite se descompone más rápidamente, comenzando formar ácidos grasos, los cuales interfieren en la obtención de biodiesel, bajando la eficiencia de la reacción. Es por esto, que al aceite sufre un proceso de desacidificación, mediante el cual se neutralizan los ácidos grasos, por medio del catalizador básico (soda caústica). Para saber la cantidad exacta de hidróxido de sodio (NaOH) necesario para agregar al aceite, hay que determinar la acidez de éste. Primero se calienta y se agita una pequeña muestra del aceite, paralelamente se diluye la soda caústica en agua destilada. Es importante que la soda caústica no se mantenga mucho tiempo en contacto con el aire, ya que puede absorber vapor de agua y/o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lo que perjudica la formación de biodiesel. Luego se mezcla la muestra de aceite con el alcohol isopropílico, y se le añade la fenolftaleína. Posteriormente se agrega con un cuentagotas el hidróxido de sodio (NaOH) a la solución previamente mencionada. Finalmente, la fenolftaleína indicara la cantidad de catalizador necesario para neutralizar los ácidos grasos del aceite (Universidad de Chile,2011).

El proceso elegido es el siguiente: se mezclarán 10mL de alcohol isopropílico, un 1 mL de aceite ya secado y 6 gotas de fenolftaleína en un recipiente de vidrio, paralelo a esto se debe hacer una solución al 1% de soda caustica (0,1 gr de NaOH en 100 mL de agua destilada); finalmente en el recipiente de vidrio se irá depositando gota con una pipeta la solución al 1% hasta que la fenolftaleína reaccione y la mezcla se torne de un color rosado claro. Finalmente, solo queda hacer los cálculos considerando lo siguiente: 1 gr de NaOH por cada mL de solución al 1% más 3.5 gr de NaOH por cada litro de aceite.



### 2.3.2.3. Formación de Metóxido de Sodio ( $\text{CH}_3\text{ONa}$ )

Luego del proceso de valoración o titulación, se procede a disolver el catalizador básico (soda cáustica) en el metanol, por medio de agitación.

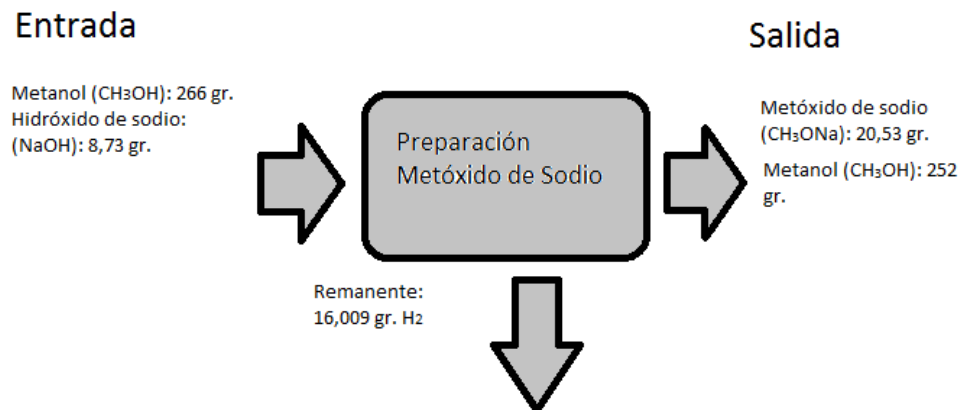


Figura 4 Diagrama entrada salida proceso de preparación de metóxido de sodio

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.4. Transesterificación:

La transesterificación es el proceso más estudiado y que mejores resultados entrega, además que los compuestos y utensilios a usar (a nivel de laboratorio) son de bajo costo y de fácil adquisición. Esta reacción consiste en el desplazamiento de un alcohol de un éster por otro. Es un proceso reversible, en el cual se utiliza exceso de alcohol para desplazar el equilibrio hacia la formación de ésteres. El alcohol para utilizar es el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), debido a que a lo largo de la reacción se da la formación de emulsiones las que son disueltas fácilmente, formando una capa rica en glicerol y otra de ésteres metílicos. Sin embargo, el metanol no es miscible en los triglicéridos, por lo que se hace necesaria una agitación mecánica para favorecer la transferencia de masa (Universidad de Chile,2011).

Químicamente, la transesterificación consiste en tres reacciones consecutivas, el triglicérido es convertido sucesivamente en diglicérido, monoglicérido y glicerol. Obteniéndose como productos finales, alquilésteres de los ácidos grasos del aceite y glicerol. En la figura 1 se representa la ecuación general de la reacción de transesterificación (Universidad de Chile,2011).

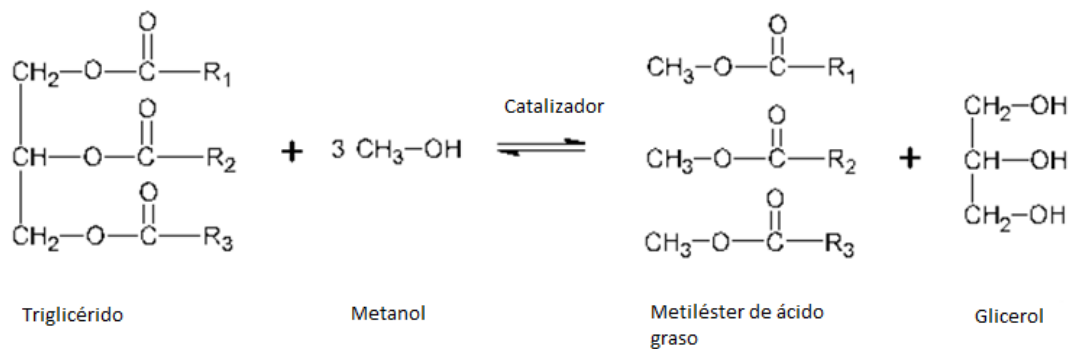


Figura 5 Reacción de Transesterificación.

En la reacción de transesterificación se utiliza un catalizador para mejorar su velocidad y el rendimiento final. Los catalizadores escogidos para este proceso son los homogéneos básicos, (específicamente el hidróxido de sodio, por su bajo costo) debido a su velocidad de reacción elevada, condiciones moderadas de presión y temperatura y utilización de la mayoría de las moléculas del catalizador, alcanzándose un rendimiento de un 98%. Sin embargo, los catalizadores básicos poseen una desventaja: la formación de jabón, esto se debe a que el aceite posea una alta cantidad de ácidos grasos y/o agua, por lo que es necesario la cantidad justa de base para neutralizar los ácidos grasos libres, ya que un exceso o un déficit genera jabones. Debido a esto es la importancia de la valoración (Universidad de Chile,2011).

c) Transesterificación por catálisis alcalina:

El uso de catalizadores alcalinos en la transesterificación del aceite usado de cocina es la técnica más comúnmente usada, aunque tiene ciertas limitaciones. El catalizador más usado es el hidróxido de potasio (KOH) y el hidróxido de sodio (NaOH), los cuales son altamente sensibles a la pureza de la reacción afectada por el contenido de agua y ácidos grasos. La presencia de agua puede causar la estersaponificación bajo condiciones alcalinas. Además, los ácidos grasos pueden reaccionar con el catalizador alcalino produciendo jabón y agua. La saponificación no solo consume catalizador, sino que también causa la formación de emulsiones que afectan la separación del biodiesel, su recuperación y purificación. Es por eso que aceites vegetales deshidratados con un contenido de ácidos grasos menor al 1% son esenciales para la comercialización de sistemas alcalinos de catalización. A pesar de esto, varios estudios del proceso de transesterificación del aceite usado emplean este tipo de catálisis como la más adecuada (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013).



d) Transesterificación con catálisis homogénea básica:

En el método de transesterificación catalítica básica con metanol el catalizador (Por ejemplo: NaOH, CH<sub>3</sub>ONa o KOH) se disuelve en metanol en un pequeño reactor. El aceite se transfiere a un reactor de biodiesel y añadimos la mezcla de catalizador y alcohol. La mezcla final se agita fuertemente durante dos horas a 340 K y presión (ambiente) atmosférica (1 atm). Una transesterificación satisfactoria produce dos fases: éster y glicerina cruda.

En el método de transesterificación catalítica alcalina por metanol, el catalizador se disuelve en metanol con una enérgica agitación en un pequeño del reactor. El aceite es transferido a un reactor de biodiesel y luego el catalizador de la mezcla de alcohol se bombea en el aceite. La mezcla final se agita vigorosamente durante 2 horas a 340 K a presión ambiente. Una reacción de transesterificación con éxito produce dos fases líquidas: ésteres y glicerol en bruto (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010).

Para este proceso una vez que logramos tener nuestro aceite totalmente libre de impurezas, agua y neutro, procedemos a verter el metóxido de sodio, es ahora cuando los ácidos grasos se separan de la glicerina y el metanol se une a ellos para formar metilésteres (Biodiesel), el hidróxido de sodio estabiliza la glicerina.

La reacción de este proceso ocurre en un reactor y el fluido debe estar agitándose constantemente durante unos 60 minutos.

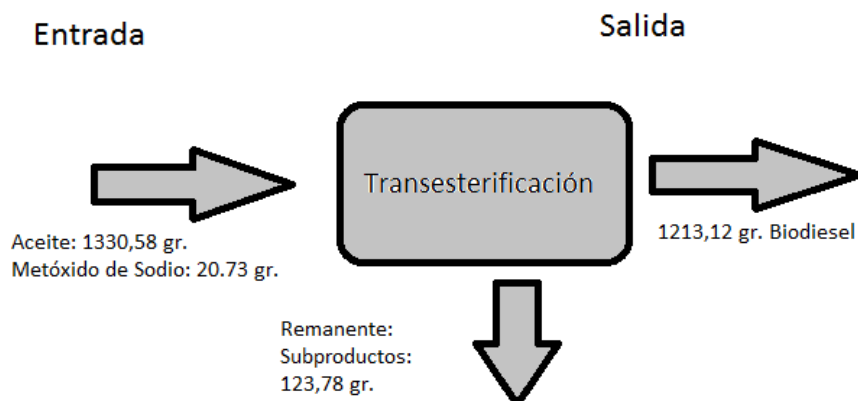


Figura 6 Diagrama entrada salida proceso de transesterificación.

Fuente: Elaboración propia



e) Transesterificación líquida con catálisis homogénea ácida

Es un proceso menos utilizado que la catálisis básica. Este proceso es unas 4000 veces más lento que la catálisis básica. Sin embargo, la reacción ácida no resulta tan afectada por la presencia de ácidos grasos libres en la materia prima.

De hecho, el catalizador ácido puede catalizar las dos reacciones a la vez, esterificación y transesterificación. Una gran ventaja de la catálisis ácida es que puede producir biodiesel directamente de los lípidos como materias primas de bajo coste, generalmente se asocia con altas concentraciones de ácidos grasos libres (las materias primas de bajo coste como el aceite de cocina y las grasas suelen tener niveles de ácidos grasos libres mayores del 6%) (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010).

f) Transesterificación heterogénea catalizada de forma ácida o básica

Los catalizadores homogéneos mostraron un rendimiento mayor para la obtención de biodiesel mediante transesterificación. Los problemas asociados con los catalizadores homogéneos son el alto consumo energético, la formación indeseada de jabones por reacción de ácidos grasos libres, la mala separación del catalizador de la reacción de la mezcla y la generación de gran cantidad de aguas residuales durante la separación y la limpieza del catalizador homogéneo y de los productos.

El uso de los catalizadores heterogéneos podría ser una solución atractiva. Los catalizadores heterogéneos se pueden separar más fácilmente de los productos de reacción. Las reacciones de saponificación no deseadas pueden evitarse mediante el uso de catalizadores ácidos heterogéneos. Permiten la transesterificación de aceites vegetales o grasas animales con alto contenido de ácidos grasos libres, como los aceites de fritura de restaurantes o de procesos de transformación de alimentos. Utilizando catalizadores sólidos para la síntesis de biodiesel pueden reducir los costes debido a la reutilización de los catalizadores y la posibilidad de llevar a cabo la transesterificación y la esterificación al mismo tiempo (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010).

g) Transesterificación enzimática:

El uso práctico de la lipasa en los sistemas de reacciones pseudo-homogéneas presenta varias dificultades técnicas, como la contaminación del producto con la enzima residual, el coste económico. Con el fin de solucionar este problema la enzima se utiliza de forma inmovilizada de forma que puede ser reutilizada varias



veces reduciendo el costo y mejorando la calidad de los productos. Cuando las enzimas libres son usadas en el proceso de obtención del biodiesel, la actividad enzimática puede ser recuperada parcialmente en la fase de la glicerina. Sin embargo, la acumulación de glicerol limita el número posible de reutilizaciones (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010).

#### h) Transesterificación asistida por microondas

El uso de calentamiento por microondas como una herramienta para la química preparativa está en continuo crecimiento. Mediante el uso de la irradiación de microondas a menudo es posible reducir significativamente los tiempos de reacción, así como mejorar el rendimiento del producto.

La irradiación de microondas puede ser utilizada como fuente para la producción de la energía alternativa, biodiesel. La irradiación de microondas activa el menor grado de 36 variación de las moléculas polares e iones como el alcohol con el cambio continuo del cambio magnético.

El cambio del campo eléctrico, que interactúa con los dipolos moleculares y con los iones cargados, causa que estas moléculas e iones tengan una rotación rápida y calor, que se genera debido a la fricción molecular. La preparación de biodiesel usando microondas ofrece una forma rápida, es un camino fácil de producir este biocombustible (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010).

#### 2.3.2.5. Decantación

Al finalizar la reacción de transesterificación, se obtienen como productos glicerina y alquilésteres (biodiesel), las cuales se separan en dos capas (la glicerina se deposita en el fondo debido a su densidad) por medio de la decantación, proceso que tarda varias horas (Universidad de Chile, 2011).

Se dejará que la mezcla repose al menos durante una hora después de la reacción, manteniendo la temperatura por encima de 38° C (100° F). De esta forma la glicerina se mantiene semilíquida (solidifica por debajo de 38° C) y se hunde antes. Después hay que decantar el biodiesel con cuidado. Se pueden separar sacándolos por un agujero del fondo a través de un tubo transparente. La glicerina semilíquida es de color marrón oscuro; el biodiesel es del color de la miel.



### 2.3.2.6. Lavado y Secado:

Este proceso tiene como objetivo eliminar todos los posibles compuestos que hayan quedado en el biocombustible, ya sea alcohol, glicerina, soda cáustica o jabones. Como todos estos compuestos presentan buena solubilidad en agua y mala en biodiesel, este proceso consiste en agregar agua al biocombustible y agitarlo por unos minutos, el agua con las impurezas se irá al fondo del tanque y el biodiesel se quedará en la parte superior. Cuando se vea el agua pura, es posible seguir con el proceso de secado (Universidad de Chile,2011).

Una vez lavado el biodiesel, es necesaria una etapa de secado para eliminar los remanentes de agua. Este proceso consiste en conectar un compresor de aire a un tubo de cobre con orificios. La idea es crear burbujas que se transmitan a través de todo el biodiesel, para dar lugar a una interface que separe fácilmente al biocombustible del agua, y que ésta se evapore de forma eficiente (Universidad de Chile,2011).

En la introducción se explicaron los procesos de lavado y secado forma cualitativa. No se ahondará en las medidas cuantitativas dado que no involucran grandes reacciones químicas, a excepción de la mezcla en agua de las impurezas en el proceso de lavado. Por esto, se incluirán ambos diagramas de entrada y salida, pero no sus balances de masa.

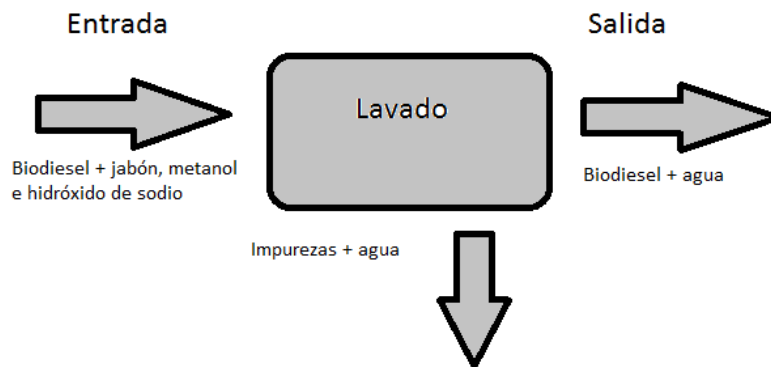


Figura 7 Diagrama entrada salida del proceso de lavado del biodiesel

Fuente: Elaboración propia

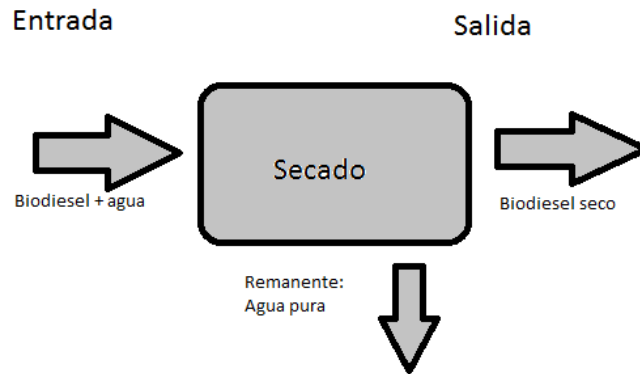


Figura 8 Diagrama entrada salida del proceso de secado del biodiesel

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.2.7. Gestión de subproductos

En el proceso de transesterificación de aceites vegetales o grasas animales con metanol se genera una gran cantidad de glicerina como subproducto, de orden de 10 kg por cada 100 kg de ésteres metílicos, lo que supone el 10% del biodiesel producido. La industria farmacéutica y cosmética son los principales consumidores de la glicerina refinada (Madrid (MI+D), 2006).

La glicerina obtenida en el proceso de transesterificación durante la producción de aceites de cocina usados es de baja pureza, ya que aún contiene cierto porcentaje de biodiesel y ciertos compuestos que impiden una glicerina pura.

Para darle un valor añadido a la glicerina obtenida del proceso de la producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados y obtener los productos mencionados anteriormente es necesario máquinas especializadas, como una unidad de destilación para conseguir glicerina refinada y destilada (DESOTEC, 2013).

#### 2.3.3. Equipos utilizados en la producción de Biodiesel

En este apartado se hará una breve descripción de cada uno de los equipos industriales usados para la elaboración de biodiesel a partir de aceites de cocina usados. Las capacidades de dichos equipos serán determinados posteriormente al realizarse el diseño del proceso a escala industrial.





- Tanques de almacenamiento

Son tanques en los cuales se depositarán los insumos (aceite de cocina usado, metanol, hidróxido de potasio), y que cumplen con las normas internacionales ASTM para almacenaje. Cabe destacar que cada insumo debe tener su tanque separado para evitar el mezclado. Además, se deben considerar tanques para el proceso de lavado y secado del biodiesel en las últimas etapas del proceso.

- Reactores para la transesterificación

Tanques en los cuáles se mezclará el aceite con el metóxido de sodio para así producir el biodiesel y glicerol a partir de la transesterificación. Su capacidad debe contemplar la suma de los insumos mencionados.

- Bombas para transportar los insumos entre los distintos tanques y reactores

El transporte de los insumos requiere de bombas que permitan el traslado de éstos a los distintos reactores posteriores para su procesamiento.

- Malla metálica de filtrado

Se hará uso de una malla a la entrada de los tanques de almacenamiento para prevenir el ingreso de sólidos gruesos a éstos. De esta manera se asegura que el proceso de decantación en los tanques posteriores se dé de manera satisfactoria.

- Calentador

Para asegurar que el proceso de transesterificación se lleve a cabo eficientemente, se requiere aumentar la temperatura del aceite como se mencionó en las técnicas para este tratamiento. Es así como el proceso requiere el uso de calentadores para asegurar la temperatura óptima de trabajo. Además, este calor puede ser aprovechado para realizar el proceso de lavado y secado del biodiesel de manera más eficiente, evaporando el agua con el calor generado.

## 2.4. Aplicaciones del Biodiesel

La normativa legal mencionada anteriormente se aplica al biodiesel (B100) para ser usado en estado puro o como un componente de mezcla con combustibles destilados; medios definidos por la norma técnica peruana aplicable actualmente.

Cuando se use como componente de mezcla con combustible diésel, la mezcla debe cumplir las especificaciones del diésel contempladas en la Norma Técnica Peruana o regulación aplicable.



El usuario deberá consultar el manual de usuario o realizar la consulta con el fabricante del motor en relación con el uso de biodiesel puro o en mezclas con diésel. El uso de biodiesel B100 es aplicable en vehículos de motores diésel diseñados o adaptados para dicho uso.

Esta Norma Técnica Peruana establece las propiedades requeridas del biodiesel en el momento y lugar de la entrega del producto, salvo que el comprador (como usuario final) y vendedor acuerden algo distinto. Nada en esta Norma Técnica Peruana pretende sobrepasar la observancia de las normas legales aplicables, las cuales pueden ser más restrictivas.

Los valores están indicados en unidades del SI en forma estándar. Los valores dados entre paréntesis son sólo informativos (Comité Técnico de Normalización de Petróleo y Derivados, 2008).



## Capítulo 3 Investigación de Mercado

En este capítulo se va a explicar cómo se encuentra el sector industrial del biodiesel en el Perú. Posteriormente se analizará y estimará la oferta de materia prima para la producción de biodiesel en el departamento de Piura, la cual equivale a la cantidad de aceite de fritura usado que generan las empresas chifleras piuranas, así como, la demanda de biodiesel en el sector agropecuario del departamento de Piura.

### 3.1. Análisis Sector Industrial

Para obtener una mayor comprensión del negocio es importante realizar un cuidadoso análisis del sector industrial. En este caso, un análisis del entorno más cercano de la empresa, el cual impacta de forma directa a la rentabilidad de la empresa. Por lo que se realizará un análisis de las 5 fuerzas de Porter, con el fin de definir claramente dicho entorno (estrategiaweb.com, s.f.).

✓ **Competidores en el Sector Industrial:**

Son todas aquellas empresas que se dedican a la fabricación de biodiesel, pues no solo se dedican a abastecer a las distintas refinerías que operan en el Perú, sino que también se dedican a comercializar Biodiesel B100 a consumidores directos. A continuación, se describirá a los productores de biodiesel en el Perú:

*Tabla 7 Productores de Biodiesel en el Perú*

<b>Empresa</b>	<b>Localidad</b>	<b>Provincia</b>	<b>Capacidad de Producción (BDP)</b>
<b>Pure Biofuels</b>	Callao	Lima	5500
<b>Heaven Petroleum</b>	Lurín	Lima	3000
<b>Industrias del Espino</b>	Toocache	San Martín	1000
<b>Total</b>			<b>8500</b>

Fuente: *Uso de Biocombustibles en el Perú* (Cunza, 2011).

✓ **Potenciales Competidores:**



El competidor potencial más cercano sería la empresa chilena, perteneciente al grupo TrioGroup, Bioils. La cual, en el Perú, solo se dedica a la recolección de aceites vegetales usados, para su posterior tratamiento fuera del país. Esta empresa abarca una gran parte del mercado de aceites vegetales usados, por lo que les sería muy fácil el producir y comercializar biodiesel en el Perú.

También podrían ser consideradas como competidores potenciales todas aquellas empresas que se dediquen a la producción de aceites vegetales y/o aceites animales, pues como estas empresas ya están familiarizadas con la cadena de productos oleaginosos, pueden optar por una decisión de integración vertical, ascendente, dentro de su organización, y de esta forma incursionar en el negocio de producción de biodiesel. Las empresas más representativas en el Perú, dentro de este rubro son las siguientes:

*Tabla 8 Principales Empresas*

Empresas	Productos
Alicorp S.A.	Aceite comestible compuesto y vegetal, mantecas, margarinas
Industrias Pacocha S.A.	Aceite comestible compuesto y vegetal, mantecas, mantequilla, margarinas
Derivados del Maíz S.A.	Aceite y derivados
Compañía Industrial "La Unión" S.A.	Aceite comestible vegetal, mantecas
Industrial Alpamayo S.A.	Aceite comestible compuesto y vegetal, mantecas
Oleoficio Lima S.A.	Aceite comestible compuesto y vegetal. Manteca comestible vegetal y compuesta
Agroindustrias Integradas S.A.	Aceite comestible vegetal
Compañía industrial Oleaginosa S.A.	Aceite comestible compuesto y vegetal. Manteca comestible vegetal
Cia. Agroindustrial San Joaquín S.A. A	Aceite vegetal y derivados

Fuente: MITINCI / OGIER - Oficina de Estadística

✓ **Productos Sustitutos:**

En un corto plazo y como un sustituto inmediato podemos considerar el Biodiesel B2 o B5, que encontramos en cualquier gasolinera del Perú, pues presenta las mismas propiedades que el Biodiesel B100 (Osinerg, 2007).



Si hablamos de un sustituto a mediano plazo podemos mencionar a los combustibles fósiles, GLP o GNV, pues realizando diversas adaptaciones en el funcionamiento de los motores diésel, se podría lograr que los motores funcionen sin ningún problema (ELPIGAZ, s.f.).

Finalmente, como sustitutos a largo plazo se pueden considerar todos los adelantos automotrices que se han venido desarrollando en los últimos tiempos, como lo son los motores híbridos o los automóviles 100% eléctricos, como los que produce la empresa automotriz Tesla. Estas innovaciones por el momento solo están desarrolladas para automóviles de uso particular. Se espera que en un futuro estos adelantos tecnológicos se extienda a maquinarias más complejas, las cuales, generalmente, funcionan con motores diésel; y de esta forma se pueda reducir la contaminación ambiental notablemente (Tesla, s.f.).

✓ Proveedores:

Como en este caso la materia prima que se necesita es aceite de vegetal usado, los proveedores podrían ser cualquier empresa o persona particular que produzca alimentos fritos en aceite vegetal y esté dispuesta a vender dicho aceite.

✓ Clientes:

Los clientes podrían ser cualquier empresa o persona particular que posea un vehículo o alguna maquinaria que funcione con un motor diésel, ya que no es necesario hacer ninguna modificación a dichos motores para que operen con Biodiesel 100% puro (B100).

### 3.2. Investigación sobre la Oferta de Materia Prima

Como ya se mencionó anteriormente, cualquier persona o empresa que produzca alimentos fritos con aceite vegetal, es calificado como un posible proveedor de materia prima. Pero debido al alcance del proyecto, todo este rango de posibles proveedores se ha limitado y enfocado solamente en la industria productora de chifles de la provincia de Piura. A continuación, se describirán a las empresas productoras de chifles de la provincia de Piura:

*Tabla 9 Producción de Chifles en Piura*

Empresas	Kg. Chifles / Mes
Chifles SaCu	1080
El Ayabaquino	21600



Olaechea	10800
Cricket´s	10000
Chifles Keylita	10800
Chifles Otero	2160
Otras empresas formales	28800
Empresas informales (15% participación)	12786
<b>Demanda real de chifles en la Ciudad de Piura</b>	<b>98026</b>

Fuente: Zola, Alessandra; Barrenzuela, Manuel – Investigación de la producción de Chifles

Para poder realizar una estimación de la oferta mensual de aceite vegetal usado que produce la industria piurana de chifles, y para que esta sea lo más plana y confiable posible, se realizaron una serie de entrevistas, semi estructuradas, las cuales fueron de manera verbal con los gerentes de las chifleras más representativas de Piura, con el objetivo de recolectar la información necesaria para estimar dicha oferta. En estas entrevistas nos enfocábamos en obtener los siguientes datos:

- ✓ Cuanto aceite vegetal utilizan mensualmente.
- ✓ Cuantos plátanos se requieren elaborar un kilo de chiles.
- ✓ Producción mensual.
- ✓ Cuanto aceite vegetal, usado, desechan mensualmente.
- ✓ Que hacen con el aceite usado, si es que lo venden, a qué precio.
- ✓ Si saben que hacen los terceros a quienes les vende el aceite.
- ✓ Saber si estarían dispuestos a vendernos el aceite.

Las entrevistas fueron realizadas en el siguiente orden, obteniendo los siguientes datos de interés:

1. Chifles Keylita (ver Anexo 1):

- ✓ “Actualmente se producen 6000 plátanos diarios.”
- ✓ “Mensualmente utilizan un promedio 14 baldes de aceite mensuales.” (1 Balde = 20 L. de aceite)
- ✓ “En promedio se utilizan 1000 plátanos por cada 60 kilos de chifles.”
- ✓ “Por cada balde de aceite se desechan 12 L. de aceite.”
- ✓ “El aceite es vendido a S./ 1 por litro.”
- ✓ “Se desconoce la finalidad que le dan al aceite”
- ✓ Si estaría dispuesta a vendernos el aceite, pues le parece un proyecto interesante y le interesaría contribuir a reducir la contaminación (Keylita, 2017).



2. Chifles Mechita:

- ✓ “Por cada balde de aceite se desechan 10 L. de aceite.”
- ✓ “El aceite se bota”
- ✓ Si estaría dispuesta a vendernos el aceite, pues le parece un proyecto interesante. (Mercedes, 2017)

3. El Ayabaquino (ver Anexo 2):

- ✓ “Actualmente se producen 12000 plátanos diarios.”
- ✓ “Por cada 1000 plátanos se utilizan 3 baldes de aceite.”  
(1 Balde = 20 L. de aceite)
- ✓ “En promedio se utilizan 1000 plátanos por cada 60 kilos de chifles.”
- ✓ “Por cada balde de aceite se desechan 14 L. de aceite.
- ✓ “El aceite es vendido a S./ 2 por litro.”
- ✓ “El aceite es llevado a criaderos de cerdos y se utilizado para la elaboración de alimento balanceado”
- ✓ Si estaría dispuesta a vendernos el aceite, pues le parece un proyecto y estaría interesado en conseguir alguna certificación por un buen manejo de residuos, por lo que no tendría problemas en vender su aceite a un menor precio (Jiménez, 2017).

Como resultado de estas entrevistas, se puede corroborar la información obtenida anteriormente sobre la producción mensual de chifles, pues los resultados tanto de “Chifles Keylita” como de “El Ayabaquino”, se ajustan perfectamente a los datos del cuadro. Esta comprobación se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Chifles Keylita: } 60 \frac{\text{Kg.de Chifles}}{\text{mil Platanos}} \times 6 \frac{\text{mil Platanos}}{\text{dia}} \times 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} \approx 10800 \frac{\text{Kg.de Chifles}}{\text{mes}}$$

$$\text{El Ayabaquino: } 60 \frac{\text{Kg.de Chifles}}{\text{mil Platanos}} \times 12 \frac{\text{mil Platanos}}{\text{dia}} \times 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} \approx 21600 \frac{\text{Kg.de Chifles}}{\text{mes}}$$

Entonces, como se tiene la seguridad de que los datos son fiables, podemos también estimar cuanto es el promedio de acetite que se desecha por cada balde de aceite empleado:

*Tabla 10 Promedio mensual de aceite vegetal desechado*

Empresas	L. de aceite desechado / Balde de Acetite
El Ayabaquino	14
Chifles Keylita	12
Mechita	10
Promedio	12



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que, en promedio, por un balde de 20 L. de aceite, se desechan aproximadamente, 12L. de aceite, lo cual equivale al 60 % de dicho balde.

Como la mayoría de los datos están en función a la producción de plátanos, hallamos cuantos baldes de aceite se necesitan para producir 1000 plátanos.

*Tabla 11 Promedio de Baldes necesarios para producir 1000 plátanos*

<b>Empresas</b>	<b>N° de Baldes / 1000 Plátanos</b>
<b>El Ayabaquino</b>	3
<b>*Chifles Keylita</b>	2.3333
<b>Promedio</b>	2.6666

Fuente: Elaboración propia

$$*Chifles Keylita \approx 14 \frac{\text{Baldes}}{\text{día}} / 6 \frac{\text{mil Platanos}}{\text{día}} \approx 2.333 \frac{\text{Baldes}}{\text{mil platanos}}$$

Utilizando el dato de la *Tabla 3* y el dato recolectado en las entrevistas, de que por cada mil plátanos se produce aproximadamente 60 Kg. de chifles, se puede estimar la cantidad de plátanos necesarios para la producción mensual de chifles en Piura.

$$\text{Cantidad de plátanos} \approx \frac{98026 \frac{\text{Kg.de Chifles}}{\text{Mes}} \times 1000 \text{ Platanos}}{60 \text{ Kg.de Chifles}}$$

$$\text{Cantidad de plátanos} \approx 1'633'766.667 \frac{\text{Platanos}}{\text{Mes}}$$

Para estimar la oferta de baldes de aceite que son necesarios para la producción mensual de chifles en Piura, se necesita multiplicar la cantidad de plátanos necesarios para la producción mensual de chifles, hallada anteriormente, por el promedio de baldes de aceite empleados para producir mil plátanos, el cual está en la *Tabla 5*.

$$\text{Número de Baldes} \approx \frac{1'633'766.667 \frac{\text{Platanos}}{\text{Mes}} \times 2.666 \text{ Baldes}}{1000 \text{ Platanos}}$$





$$\text{Número de Baldes} \approx 4'356.60 \frac{\text{Baldes}}{\text{Mes}}$$

Finalmente, se podrá estimar cual es la oferta de aceite usado que se produce en la industria chiflera piurana al multiplicar el número, aproximado, de baldes de aceite que se emplean mensualmente, por la cantidad de litros de aceite, promedio, que se desechan por cada balde de aceite empleado, el cual fue hallado en la *Tabla 9*.

$$\text{Oferta} \approx 4'356.60 \frac{\text{Baldes}}{\text{Mes}} \times 12 \frac{\text{Litros de aceite usado}}{\text{Balde}}$$

$$\text{Oferta} \approx 52'279.2 \frac{\text{Litros de aceite usado}}{\text{Mes}}$$

### 3.3. Investigación sobre la Demanda de Biodiesel en el Sector Agropecuario

Como se sabe, el sector agropecuario es uno de los sectores con mayor crecimiento en el Perú y especialmente en Piura, en el cual, pese a los fenómenos climáticos, presenta un crecimiento significativo en dicho sector (Gestión, 2017). Debido a este crecimiento y sus grandes volúmenes de exportación, se seleccionó como nicho de mercado, para este producto, a todas aquellas empresas que pertenezcan al sector agropecuario, del departamento de Piura.

*Tabla 12 Consumo de Combustibles Tradicionales en el Perú en el sector Agropecuario 1996-2014 (Terajoule)*

Año	Total	Bagazo	Diesel/ Diesel B2	GLP	Carbón Mineral	Gasolina/ Gasohol	Kerosene	Leña	Petróleo industrial
1996	10,233	5,271	1,103	-	-	232	280	-	3,347
1997	10,712	5,962	1,157	-	-	203	272	-	3,118
1998	7,818	4,953	1,213	2	4	675	3	86	882
1999	9,715	5,510	2,076	4	8	687	2	98	1,330
2000	9,070	6,250	982	4	11	627	2	101	1,093
2001	8,377	6,471	330	4	8	574	3	109	878
2002	8,914	7,357	101	8	6	574	10	108	750
2003	9,281	7,742	289	8	6	541	2	111	582
2004	7,384	6,091	224	13	6	496	5	111	438
2005	4,075	2,539	338	12	4	529	3	111	539
2006	4,921	3,660	277	10	4	513	1	131	325
2007	5,078	3,884	211	9	4	513	1	131	325
2008	5,873	4,595	355	10	-	577	1	144	191
2009	6,530	5,088	562	16	-	679	4	156	25
2010	8,528	6,246	610	19	747	742	4	152	8
2011	8,014	6,144	812	23	82	765	-	132	56
2012	1,965	-	937	30	73	792	-	128	5
2013	7,483	5,427	992	28	61	845	-	124	6
2014 P/	3,430	1,362	972	29	61	881	-	125	-

Fuente: *Ministerio de Energía y Minas (MINEM) - Dirección General de Eficiencia Energética. (s.f.)*



En este cuadro podemos observar como en el 2014, el consumo de diésel en el sector agropecuario en el Perú es, aproximadamente, de 972 Tera joule, que equivale a 25'142'506.13 litros.

Entonces, se necesita estimar cuanto de dicho combustible se consume en el departamento de Piura. Al no haber datos documentados sobre el consumo de diésel en este sector en específico, pasamos a hallar el valor bruto de producción en dichas áreas para hallar una relación entre el consumo de diésel en Piura y el consumo de diésel a nivel nacional.

A continuación, se presentará una tabla del valor bruto de producción en el sector agropecuario, tomando como referencia el año 2014, debido a que la *tabla 11*, solo cuenta con información actualizada hasta dicho año.

*Tabla 13 Perú: Valor Bruto de la Producción Agrícola y Ganadera por Departamento (Millones de Soles)*

Departamento	2011			2012			2013			2014		
	TOTAL	Agrícola	Ganadera	TOTAL	Agrícola	Ganadera	TOTAL	Agrícola	Ganadera	TOTAL	Agrícola	Ganadera
<b>NACIONAL</b>	<b>27 850</b>	<b>17 367</b>	<b>10 484</b>	<b>29 527</b>	<b>18 460</b>	<b>11 067</b>	<b>30 098</b>	<b>18 639</b>	<b>11 459</b>	<b>30 656</b>	<b>18 791</b>	<b>11 865</b>
Amazonas	980	843	137	1 023	876	147	1 049	897	152	1 083	935	148
Ancash	698	442	256	732	479	253	736	479	256	728	484	245
Apurímac	370	249	122	424	305	119	438	319	119	439	321	119
Arequipa	2 250	1 372	878	2 389	1 439	951	2 398	1 401	997	2 517	1 459	1 058
Ayacucho	457	243	214	589	363	226	584	352	233	570	366	204
Cajamarca	1 624	1 050	574	1 638	1 066	572	1 636	1 039	597	1 614	999	615
Cusco	1 071	781	290	1 078	763	315	1 074	783	291	1 006	704	302
Huancavelica	351	251	100	386	278	108	383	271	111	365	252	113
Huánuco	822	606	216	905	669	236	974	717	257	1 010	752	258
Ica	1 922	1 413	509	2 121	1 522	600	2 180	1 514	666	2 347	1 567	780
Junín	1 475	1 297	178	1 481	1 286	195	1 426	1 217	209	1 332	1 118	214
La Libertad	3 428	2 044	1 384	3 558	2 097	1 461	3 694	2 140	1 554	3 771	2 195	1 576
Lambayeque	925	771	154	1 040	908	131	1 053	876	177	1 010	817	193
Lima <sup>1</sup>	5 338	1 442	3 897	5 554	1 481	4 073	5 582	1 496	4 085	5 826	1 546	4 280
Loreto	590	460	130	623	485	138	668	530	138	622	484	138
Madre de Dios	83	44	39	92	45	47	105	53	52	101	50	51
Moquegua	132	98	34	135	103	32	150	114	36	133	98	35
Pasco	324	226	98	328	226	102	350	247	103	348	254	94
Piura	1 232	977	256	1 415	1 119	296	1 618	1 311	307	1 400	1 104	296
Puno	1 293	717	577	1 299	708	591	1 354	757	596	1 412	805	607
San Martín	1 649	1 414	235	1 780	1 527	253	1 698	1 442	256	1 845	1 574	271
Tacna	346	243	104	375	272	103	387	256	131	539	404	135
Tumbes	175	159	16	174	155	18	158	138	19	197	178	20
Ucayali	314	225	89	390	289	101	404	287	117	439	326	113

Fuente: *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera* (MINAGRI, 2015).

Con esta tabla obtenemos que, en el 2014 en el sector agropecuario, a nivel nacional, se ha producido un total de 30'656 millones de soles, a su vez, también se puede observar la producción, en dicho sector, en el departamento de Piura, la cual es de 1'400 millones de soles.

Por lo tanto, se puede inferir que Piura, en el 2014, representa el 4.57% de la producción a nivel nacional.

Con los datos proporcionados en la *tabla 11* y en la *tabla 12*, podemos estimar el consumo anual de diésel en el departamento de Piura, en el sector agropecuario, ya que tenemos cuanto es el total de Diesel B2 que se consume en la producción del sector agropecuario a nivel nacional, así como, el porcentaje que representa Piura del total de dicha producción.



Consumo  $\approx$  25'142'506.13 L. x 4.57%

Consumo  $\approx$  25'142'506.13 L. x 0.0457

**Consumo  $\approx$  1'148'211 L.**

Por lo cual se puede concluir que la demanda potencial de consumo de diesel, en Piura, en el sector agropecuario, es de 1'148'211 litros de biodiesel por año.



## Capítulo 4

### Experimentación y Resultados

La importancia del presente capítulo radica en que, a partir de la experimentación con aceite residual de chiflerías, podemos establecer las bases de una línea de producción a escala de laboratorio (la cual es replicable a mayor escala), y con ello verificar que el producto sea de calidad y esté listo para ser utilizado por los consumidores como un combustible alternativo.

Se describirán los procesos que se realizarán durante la experimentación, las variables a medir del prototipo final, cómo se medirán dichas variables (ya sea con un instrumento de medición o un pequeño experimento que permita medir la variable) y el posterior análisis de los resultados obtenidos.

En esta experimentación se realizarán ensayos con la misma proporción de insumos y se seguirán los mismos procesos para ambos ensayos.

#### 4.1. Diseño del Experimento (Metodología)

##### a) Objetivo del experimento

Establecer una línea de producción a escala de laboratorio que sea eficiente y pueda ser replicable en distintos ambientes, teniendo en cuenta los distintos materiales, equipos e instrumentos mínimos necesarios, con la finalidad de obtener un prototipo de biodiesel a partir del aceite residual de fritura utilizado en la producción de chifles.

El prototipo obtenido deberá cumplir con los estándares necesarios para que pueda ser comercializado, y pueda utilizarse ya sea como un sustituto o en un % de mezcla junto con diesel. Los parámetros a medir serán aquellos que su medición se pueda realizar en el Laboratorio UDEP, como son pH, densidad, viscosidad y poder calorífico.

##### b) Definición de Parámetros y Condiciones

En esta sección mostraremos los parámetros que tenemos planeados medir de acuerdo con los recursos tecnológicos que poseemos y la manera como lo realizaremos.

##### ➤ Densidad

Podemos medirla con un densímetro, pero nosotros la hemos medido de una manera propia, al usar una probeta previamente tarada, introducimos el líquido, lo pesamos, y medimos su volumen.



Aunque el margen de error es más grande que si usáramos un densímetro, es una manera muy práctica de realizarlo.

➤ Viscosidad

Entendemos por viscosidad a la resistencia que presenta el fluido a desplazarse. La importancia de esta medida afecta directamente a los tipos de motores que lo usan, si el fluido es muy viscoso no permitirá el correcto movimiento de las partes del motor, caso contrario, la falta de viscosidad permitirá un exceso de roce entre las partes del motor produciendo limaduras. (Gómez-Esteban, 2013)

El instrumento más común es un viscosímetro, pero este parámetro puede ser medido de manera indirecta con el uso de una probeta, una esfera pequeña con un diámetro menor al radio de la probeta y un cronómetro.

Se vierte el fluido en la probeta, se marcan dos distancias, se deja caer la esfera y tomamos el tiempo en que esta pasa por las dos marcas, podemos calcular la velocidad, y de manera analítica calcular su viscosidad.

➤ Valor de ácido o Ph

El valor del ácido depende mucho de la materia prima. Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno  $[H]^+$  presentes en determinadas disoluciones. (Zola, Barrenzuela, Castillo, Correa, & Rey, 2016)

➤ Poder calorífico

La importancia de este parámetro radica esencialmente en el beneficio energético que podamos obtener del biodiesel.

La manera correcta de poder medirlo es usar una bomba calorimétrica, pero en el Laboratorio de Química UDEP no cuenta con dicho instrumento, por lo que realizaremos una prueba del punto de inflamación. El punto de inflamación del biodiesel es muy alto (130 °C) en comparación con otros combustibles.

c) Insumos

Las cantidades están en relación a la cantidad de aceite residual que se empleará:





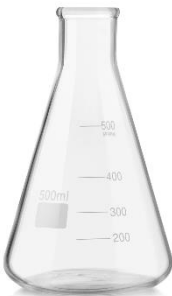

Tabla 14 Materiales

MATERIAL	CANTIDAD
Aceite residual	1L
Metanol	200 mL
Soda Caustica	6 gr

Fuente: Elaboración propia

d) Instrumentos y equipos utilizados

Tabla 15 Instrumentos y equipos

Filtrado por succión al vacío	Agitador magnético
	
Matraz de 500 ml	Probeta de 250 ml
	
Vaso de precipitado de 2000 mL	Embudo

	
Papel filtro	Botellas plásticas de 1.5 L
	
Termometro	Bandas indicadoras de pH
	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Proceso de experimentación

Se ha considerado conveniente realizar un experimento con aceite residual de fritura de chifles y otro con aceite residual de fritura de un restaurante, para poder comparar los resultados obtenidos con aceite residual que provengan de distintos procesos y así poder identificar otro sector de proveedores de materia prima.

Además, se realizará una comparación con biodiesel obtenido a partir de aceite sin usar.



El proceso para todos los ensayos será el mismo y bajo las mismas condiciones, sólo en la muestra de aceite nuevo no se realizará el pretratamiento de filtración.

El siguiente diagrama de flujo (ver Ilustración 1) representa el proceso completo que se lleva a cabo para obtener biodiesel a partir de aceite, para las diferentes pruebas en residual y aceite nuevo:

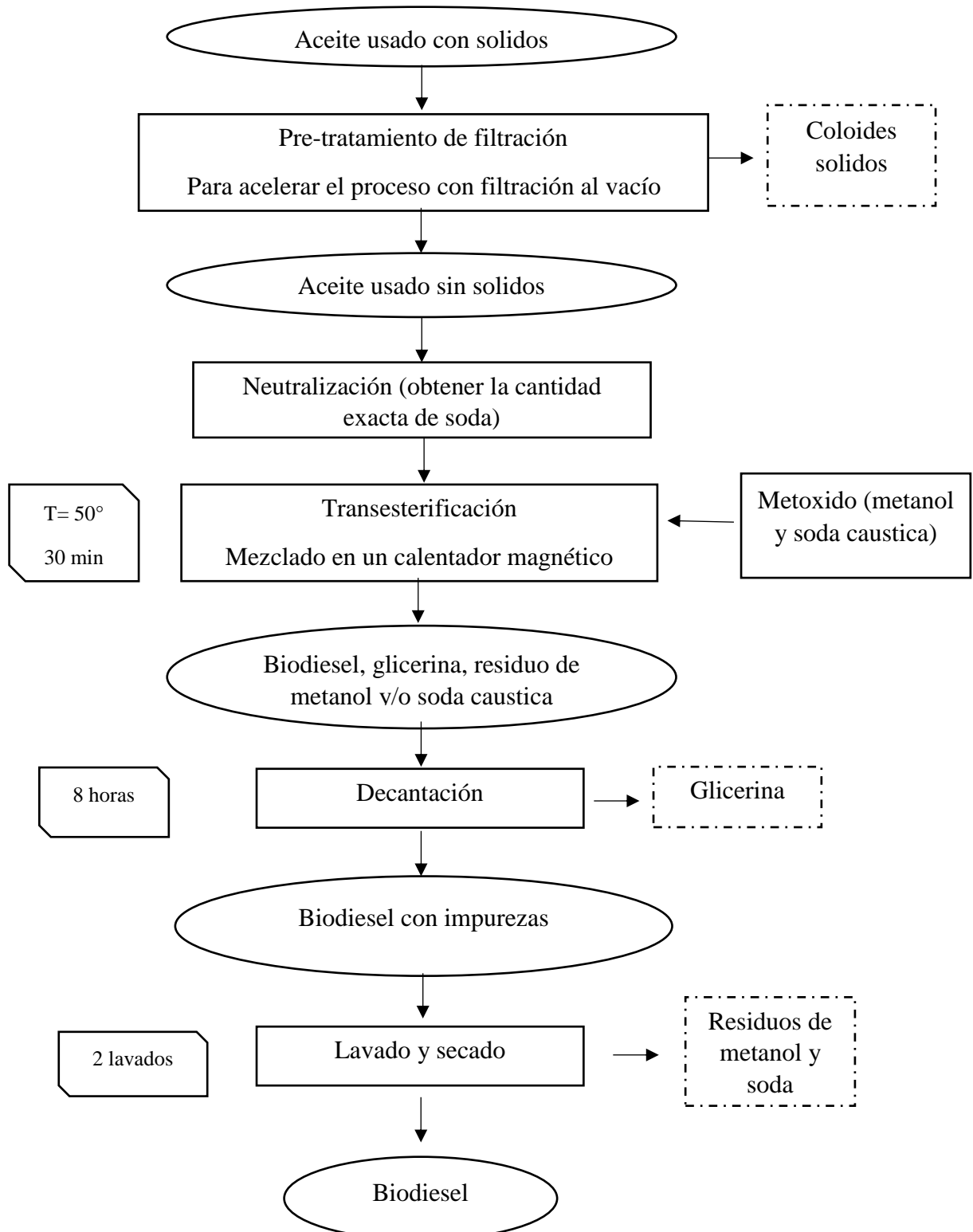


Ilustración 1 Diagrama de flujo del proceso de obtención de biodiesel a partir de aceite de fritura usado





Una vez definida la línea de producción a escala de laboratorio, se procedió a realizar uno a uno los procesos.

Empezando por el **pretratamiento** del aceite residual (este paso se obvia para la muestra de aceite nuevo), se usó papel filtro de velocidad rápida, pero al no ser eficiente para este proceso específico debido a que el aceite era muy viscoso, se optó por cambiarlo y utilizar una tela (pañuelo).

Posterior al pretratamiento y previo a la reacción es necesario realizar una **valoración del aceite** para conocer su acidez, mediante una titulación ácido-base. Para ello se utilizará una solución de hidróxido de sodio al 1%.

Luego se **prepara la muestra** a medir para la Neutralización:

- Se vierte 10 mL de alcohol isopropílico, se agregan las 3 gotas de fenolftaleína, se agrega 1 mL de aceite reciclado y se agita.
- Se prepara una bureta con solución de hidróxido de sodio para realizar la titulación.
- Se agrega gota a gota hasta lograr un cambio de color en la solución a un rosa.

El proceso más importante, la **transesterificación**, el aceite se calienta hasta  $50^{\circ}\text{C}$  y se realiza la mezcla entre el metanol y la soda caustica, para posteriormente mezclarlos hasta que la soda caustica se disuelva en el metanol formando la solución del metóxido, esta mezcla se debe realizar en un recipiente hermético (sistema cerrado). Una vez obtenido el metóxido se mezcla con el aceite para que se produzca la reacción de transesterificación. La mezcla se realiza en un calentador magnético con un tiempo de espera de 30 minutos.

A continuación, se deposita la mezcla obtenida en un recipiente, en este caso utilizaremos una botella, donde dejaremos reposando 8 horas como mínimo. Este proceso de **decantación** permite separar los dos productos que se obtienen, biodiesel y glicerina, ya que la glicerina se solidifica en el fondo y es más fácil separar el biodiesel.

Finalmente, para eliminar residuos de metanol y soda caustica se realiza **lavados y secados**. Se realizará lavados por agitación, como mínimo 2, se emplea agua destilada y deberá ser calentada hasta  $60^{\circ}\text{C}$ , luego se mezclará con el biodiesel obtenido. Se agita por 15 min mínimo y luego se deja reposando por un día.

Si después del segundo lavado se observa que el residuo es transparente, se puede proceder con el secado. El aceite se calienta hasta que llegue a  $60^{\circ}\text{C}$  o hasta que se observe que no se crean burbujas en el fondo, puesto que esto indica que hay agua presente.

Los insumos que se utilizaron para las distintas muestras:



Tabla 16 Insumos

Insumos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Tipo de aceite	Residuo de chiflería	Residuo de chiflerías	Residuo de restaurante “TRAMA”	Aceite nuevo
Volumen del aceite (mL)	1000	1000	600	1000
Metanol (mL)	200	200	120	200
Soda Caustica (g)	4.08	4.08	3.6	6

Fuente: Elaboración propia

Las muestras 3 y 4, se realizaron en paralelo en el curso de TPR, y se decidió considerarlos como una comparación con las muestras 1 y 2, por lo que a la muestra 3 no se le realizó una neutralización y a la muestra 4 no era necesario ya que el pH era 7. Ambas muestras se realizaron en base a experimentos pasados y videos.

#### 4.3. Análisis de Resultados

Como ya se definió la línea de producción a escala de laboratorio y se conoce las condiciones a las cuales se realiza cada proceso, se continúa realizando los procedimientos descritos en Ilustración 1.

Tabla 17 Resultados

Variables	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Volumen de aceite filtrado (mL)	1000	1000	600	1000
pH después del filtrado	5	5	6	7
Cantidad adicional de soda caustica (g)	0.05	0.05	-	-
Masa de Glicerina (g)	157.0	163.1	98.3	149.14
Biodiesel (mL)	905	900	500	910
Rendimiento con respecto al aceite (%)	90.5	90	83.3	91

Fuente: Elaboración propia



Como se menciona anteriormente la muestra 3 y 4 no se realizaron una neutralización por lo que no se obtuvo la cantidad adicional de soda caustica para lograr la neutralización de la muestra.

Luego se procedió a realizar las mediciones de las variables pre-establecidas

*Tabla 18 Medición de las variables*

Variabes	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Biodiesel Industrial
Ph	6	6	6.8	7.2	7
Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	831.3	823.7	960	880	800-900
Viscosidad ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )	3.1	3.0	4.5	1.8	1.9-6.0

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al punto de inflamación se realizó la experimentación con un encendedor, introduciéndolo en el recipiente con biodiesel y se comprobó que el producto obtenido no llega a arder, por lo que se puede decir que no presenta restos de metanol.

Tras realizar la comparación entre las 4 muestras se puede afirmar que:

- El rendimiento de nuestro proceso realizado es en promedio 88.7%, el cual puede ser mejorado, ya que los métodos empleados para separar las dos fases (biodiesel y glicerina) no es el óptimo, pues la glicerina se solidifica y por ello no se podía emplear una pera de decantación. Además de que al momento de trasladar el biodiesel de un recipiente a otro se corre el riesgo de que ocurran derrames.
- Las características del prototipo obtenido son similares al biodiesel industrial, están dentro del rango esperado y posee un color dorado cristalino.
- Para producir 1000 ml de biodiesel se necesitaría 1127.4 ml de aceite, considerando como rendimiento el obtenido como promedio de los experimentos 88.7%.
- De las muestras 1 y 2 se obtuvo un ph de 6, esto se puede mejorar haciendo una valoración al 0.1% para tener una mejor precisión en cuanto a la cantidad adicional de soda caustica que se debe agregar. Con esto se garantiza que la conversión será alta y el biodiesel obtenido será de mejor calidad.

Como conclusión general, a pesar de que el proceso a escala de laboratorio no es el óptimo y necesita mejoras, se obtuvo un rendimiento alto (88.7%), esto ayudó a definir la maquinaria especializada y los instrumentos que se utilizarán en la planta. Además de que permite saber que se puede cumplir con las especificaciones requeridas.



## Capítulo 5

### Diseño de la Línea de Producción

En el presente capítulo se presentarán los principales factores a considerar al momento de llevar a la realidad la línea de producción, es decir, los detalles del proceso de elaboración, el tamaño de la producción y la materia prima necesaria para esta cantidad, la maquinaria y equipos a utilizar, así como el manual de procedimientos (MAPRO) y el manual de organización y funciones (MOF). El objetivo de este capítulo es obtener la información necesaria para el análisis financiero, así como dejar sentadas las bases para la posterior materialización del proyecto.

#### 5.1. Ingeniería de elaboración de biodiesel

##### 5.1.1. Proceso de elaboración de biodiesel

A partir de los análisis realizados en el apartado de la experimentación, se llegó a la conclusión de que podemos utilizar el siguiente proceso de elaboración para conseguir un biodiesel que cumpla con los estándares de densidad, pureza y capacidad calorífica especificados en el alcance del proyecto:

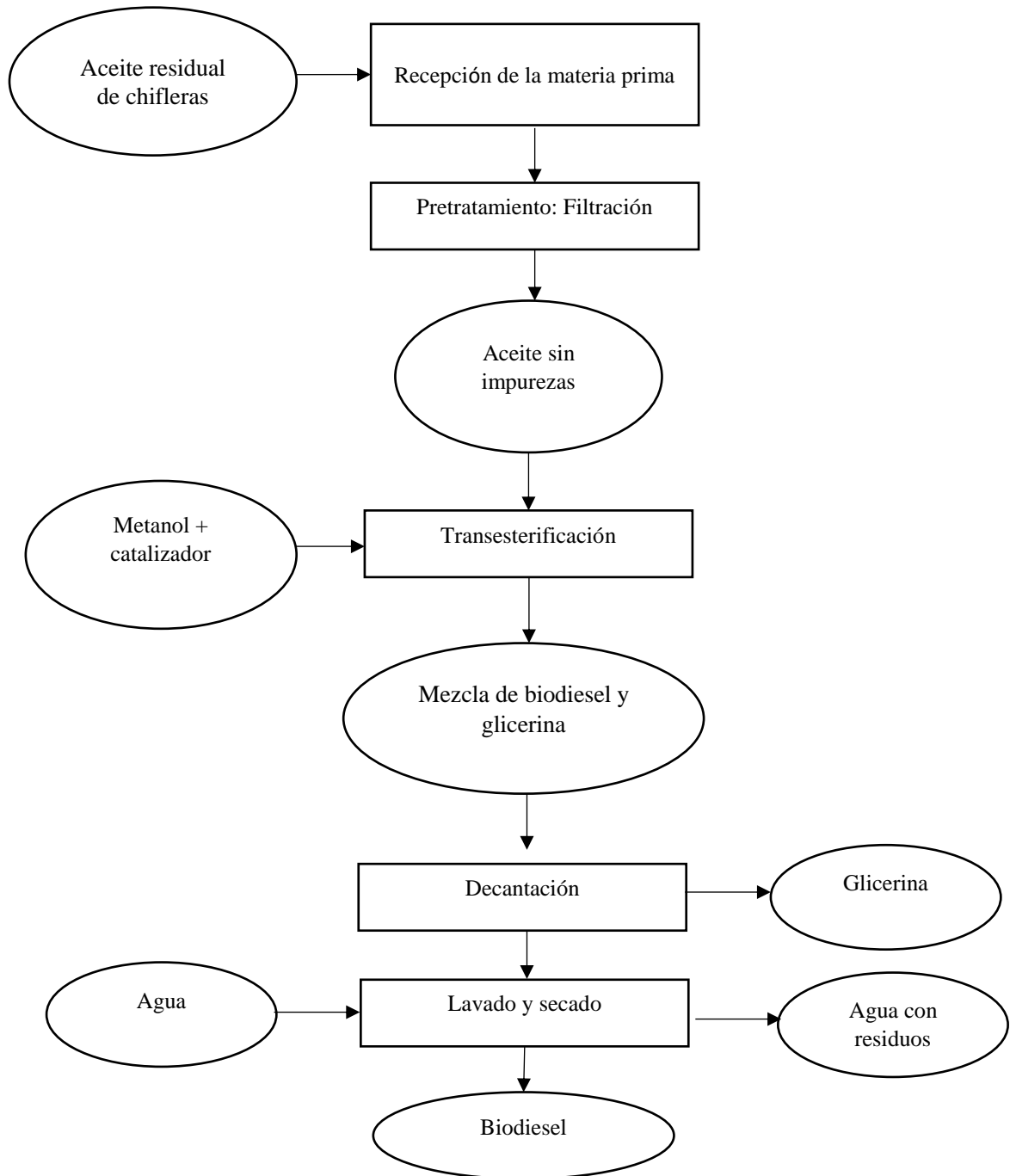


Ilustración 2. Diagrama de flujo de la elaboración de biodiesel a partir de aceite de chifleras

Fuente: Elaboración propia



- **Recepción de la materia prima:** La materia prima será ingresada al área de producción por parte de los operarios, quienes se encargarán de que tanto el aceite residual como los demás insumos estén listos para iniciar el proceso, es decir, previamente inspeccionada y colocada en envases que permitan su fácil manipulación. Duración aproximada de 4 horas.
  
- **Filtración:** El aceite residual proveniente de las chifleras pasará por un proceso de filtración mediante la colocación de una tela de filtrado, con el objetivo de eliminar impurezas (partículas sólidas) que afecten a la calidad final del producto. Este proceso se llevará a cabo en 1 tanque con un área de 9 metros cuadrados, utilizados específicamente para este proceso. Cada uno de estos tanques contiene una tela en la parte superior, de tal forma que al colocar el aceite éste pasará a filtrarse. Esta etapa es la más larga del proceso, ya que demora aproximadamente 24 horas para completar el filtrado del aceite.
  
- **Transesterificación:** Es el proceso más importante y mediante el cual el aceite residual se convierte en biodiesel. Para este proceso, es necesario primero precalentar el aceite a una temperatura de 50°C, lo cual se realizará mediante dos resistencias eléctricas de inmersión. Posteriormente se agrega la materia prima necesaria, es decir, el metanol y el catalizador, para realizar el proceso de conversión. La duración estimada del proceso es de 4 horas.
  
- **Decantación:** El proceso de decantación tiene la función de separar el biodiesel de la glicerina utilizando las diferencias de densidad que existen entre estos dos compuestos. Luego de aproximadamente 12 horas el compuesto se encontrará completamente decantado, sin embargo, en la planta se dejará reposando de 5pm a 8 am, es decir aproximadamente 15 horas, lo que producirá un mejor resultado de la decantación.
  
- **Lavado y secado:** Luego de la decantación, el último paso es el lavado del biodiesel, ya que éste aún no se encuentra libre de impurezas y es necesario realizar una limpieza. Esto se realiza mediante mezclado del biodiesel con agua, posteriormente se procede a agitar la mezcla. Para terminar, se deja decantar la mezcla para separar el agua del aceite, y se separa mediante una salida de agua en la parte inferior. Este proceso dura aproximadamente 12 horas en total.
  
- **Bombas y tuberías:**

Filtración del Aceite: Es una etapa de suma importancia, para esta operación se utiliza una bomba de desplazamiento positivo de engranajes, debido a que este tipo de equipo puede manipular fluidos con viscosidades bajas y altas como es el caso del



AUFS, así como también poseen una condición de buena eficiencia en la operación con aceites. El material que se recomienda emplear es acero especial tratado térmicamente, sin embargo, lo ideal sería emplear una bomba fabricada en acero inoxidable, no obstante, estas últimas son muy costosas, por lo cual se empleara la primera bomba con acero especial (Bulla Pereira, E., 2014).

Alimentación de mezcla de catalizador – alcohol: Para esto se emplea una bomba de desplazamiento positivo, fabricada también en acero especial con tratamiento térmico, que tenga una alta resistencia al contacto con fluidos de tipo corrosivo (Bulla Pereira, E., 2014).

Alimentación de la chaqueta del reactor: Se utiliza una bomba centrífuga, debido a que estas bombas poseen un buen desahogo al paso del fluido, además de esta característica, este tipo de equipo es de bajo costo en comparación con las anteriormente enunciadas, tienen una alta versatilidad en su instalación, la confiabilidad en el impulso de un flujo uniforme y además en el empleo de fluidos no viscosos presentan excelentes rendimientos con respecto a otros tipos de bombas (Bulla Pereira, E., 2014).

Carga y descarga del decantador: Se empleará una bomba de desplazamiento positivo, fabricada en acero especial que resista la corrosión por agentes químicos (Bulla Pereira, E., 2014).

### 5.1.2. Capacidad de línea

Para calcular la capacidad de la línea de producción, se parte de la premisa de que mientras mayor sea el tamaño de esta, es mejor para la empresa, ya que debido a la economía de escala se obtiene un mayor beneficio económico mientras haya mayor producción. Sin embargo, hay dos factores que restringen el tamaño de la producción: la demanda de biodiesel en el mercado objetivo y la oferta de aceite residual proveniente de chifleras piuranas. Del capítulo 3 (Investigación de Mercado) se obtiene la siguiente información sobre la oferta de materia prima y la demanda del producto:



Tabla 19. Resumen de datos obtenidos en el capítulo 3

Cantidad expresada en	<b>Demanda de Biodiesel en sector agropecuario piurano</b>	<b>Oferta de Aceite residual de chifleras piuranas</b>
Aceite residual utilizado	550,760.28 litros mensuales	52,279.2 litros mensuales
Biodiesel producido	495,684.25 litros mensuales	47051.28 litros mensuales

Fuente: Elaboración propia

Utilizando esta información, se obtiene que el factor que restringe el tamaño de la producción es la oferta de aceite residual de las chifleras piuranas, ya que la cantidad disponible de este es menor que la demanda de Diesel en el mercado.

Por consiguiente, la capacidad de línea como máximo puede llegar a ser de 52,279.2 litros mensuales. Sin embargo, esta es una cantidad difícil de alcanzar, debido a que, según la información obtenida en el capítulo 3, aproximadamente la mitad de las empresas chifleras actualmente se encuentran vendiendo su aceite residual. Por lo tanto, comenzaremos estimando conseguir aproximadamente el 30% del mercado de aceite residual de las chifleras (15683.76 litros mensuales), cuota de mercado que posteriormente se podrá aumentar mediante negociaciones y convenios con las empresas chifleras piuranas.

Por consiguiente, se ha diseñado la capacidad de la línea de producción de biodiesel para una transformación de 15000 L de aceite residual (menos del 30% de disponibilidad de aceite reciclado de chifleras) en 13500 L de biodiesel al mes. Debido a que la producción de un lote de biodiesel demora 4 días, la producción se diseñará dividida en 6 lotes mensuales, de 2500 litros cada uno.

Como ya se mencionó anteriormente, el tamaño de la producción puede crecer, por lo cual el tamaño de planta debe ser suficiente para poder soportar este posterior crecimiento hasta una capacidad de al menos el 60% del aceite residual disponible, es decir, 31300 litros de aceite mensuales.

Como conclusión, utilizando las restricciones de producción y las proporciones de materia prima necesarias para realizar las reacciones del proceso, obtenemos la cantidad a utilizar mensualmente y por lote de cada uno de los insumos:





Tabla 20. Insumos por mes y por lote para la elaboración de biodiesel.

	Producción mensual	Producción por lote
Aceite residual de chifleras (litros)	15000 L	2500L
Aceite residual de chifleras (kg)	13800 kg	2300 kg
Aceite sin impurezas (kg)	13110 kg	2185 kg
Metanol (kg)	203.62 kg	33.94 kg
NaOH (kg)	85.85 kg	14.31 kg
Glicerina (kg)	1217.312 kg	202.885 kg
Biodiesel (kg)	11930.42 kg	1988.4 kg
Biodiesel (litros)	12967.84 L	2161.31 Kg
Agua	4322.9 L	720.4 L

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Especificación de maquinarias y equipos

a) Tanque Agitador en Polipropileno 500 L (MercadoLibre, Tanque Agitador, 2017)

- ✓ Funciones:
  - ✓ Proceso en simultáneo donde se prepara el metóxido.
  - ✓ El proceso debe ser lo más hermético posible pues puede contaminarse.
  - ✓ Aquí se mezcla el hidróxido de sodio con el metanol (Exotérmico).
  - ✓ Depósito de metóxido hasta su uso.
  
- ✓ Especificaciones:
  - ✓ Medidas: 950mm de diámetro, 800mm de altura.
  - ✓ Salida lateral: 1 1/2`` rosca externa BSP.
  - ✓ Visor de nivel con escala graduada.
  - ✓ Tampa basculante bipartida.
  - ✓ Material: Polipropileno.
  - ✓ Motor: 1,5CV trifásico, IV pólos,1750 rpm WEG.
  
- ✓ Costo: 6 050 soles (R\$6.150).



*Ilustración 3 Tanque agitador de 500 L  
Fuente: MercadoLibre Brasil*

b) Lona de alta densidad para filtrado (Alibaba, 2017)

- ✓ Función:
  - ✓ Lona para ser utilizada en el proceso de filtración de aceite proveniente de las chifleras, mediante su colocación en los tanques y posterior vertido del aceite.
- ✓ Especificaciones:
  - ✓ Marca Golden Bull
  - ✓ Espesor: 1.30 mm
  - ✓ Ancho: 95 cm
- ✓ Costo: \$3.5 por metro



*Ilustración 4. Lona de alta densidad para filtrado.*

*Fuente: Alibaba*

c) Tanque de Mixtura con fondo Cónico 5000 L transesterificación (MercadoLibre, Tanque de Polipropileno, 2017)

✓ Función:

- ✓ Tanque para ser utilizado en el proceso de transesterificación, mediante el vertido tanto del aceite residual previamente filtrado como del metanol y el catalizador previamente mezclados formando el metóxido. Posteriormente servirá para almacenar el producto de la transesterificación (mezcla de biodiesel y glicerina) hasta que sea llevado para la decantación.
- ✓ También se utilizará para el lavado del biodiesel y el “secado” final.

✓ Especificaciones:

- ✓ Material: Polipropileno
- ✓ Capacidad: 5000L
- ✓ Garantía: 1 año
- ✓ Conexiones: Entrada y Salida de 2”
- ✓ Motor: 3CV trifásico 220/380V.
- ✓ Unidades: 3 u

✓ Costo: S/.18 700 (R\$18.936)



*Ilustración 5 Tanque Transesterificación 5000 L  
Fuente: Mercado Libre Brasil*

d) Resistencia y Termóstato 2000 Kw (MercadoLibre, Termóstato, 2017)

- ✓ **Función:**  
Esta resistencia será colocada dentro del tanque de transesterificación, permitirá calentar el aceite a 50° C y que de esta manera pueda realizarse el proceso en óptimas condiciones.
  
- ✓ **Especificaciones:**
  - ✓ Marca: TermoDisc
  - ✓ Material: Acero inoxidable
  - ✓ Potencia máxima 2000 Kw
  - ✓ Voltaje de trabajo: 120v
  - ✓ Cantidad: 6 unidades
  
- ✓ **Costo: S/. 100**



*Ilustración 6. Resistencia y Termostato*  
*Fuente: Mercadolibre*

- e) Máquina centrifugadora (Agua-Aceite) – Opcional: (MercadoLibre, Tanque, 2017)
- ✓ Función: Permite realizar la centrifugación, la cual separa el contenido de glicerina que se produjo junto con el biodiesel.
  - ✓ Especificaciones:
    - ✓ Capacidad: 500 L/h
    - ✓ Material: Acero inoxidable
    - ✓ Perfecto estado
  - ✓ Costo: S/. 16 300 (\$ 5000)



*Ilustración 7. Máquina centrifugadora*  
*Fuente: Alibaba*



f) Bombas de desplazamiento positivo (MercadoLibre, Tanque, 2017)

- ✓ Función: Permite poner en movimiento el fluido del biodiesel a través de los diferentes procesos hasta su almacenamiento.
- ✓ Especificaciones:
  - ✓ Revoluciones: 400 rpm.
  - ✓ Diámetro de 2''
  - ✓ Unidades: 3
- ✓ Costo: S/. 3 250 (\$ 1000)



*Ilustración 8. Bomba  
Fuente: Alibaba*

g) Tuberías de Acero Inoxidable (MercadoLibre, Tanque, 2017)

- ✓ Función: Tuberías por donde fluirá el biodiesel.
- ✓ Especificaciones:
  - ✓ Diámetro de 2''
  - ✓ Unidades: 20 metros
- ✓ Costo: S/. 100 por metro (\$ 30)



*Ilustración 9. Tubería*  
*Fuente: Weiber*

h) Tanque de almacenamiento (MercadoLibre, Tanque, 2017)

- ✓ Función: Almacenar el Biodiesel producido.
- ✓ Especificaciones:
  - ✓ Capacidad de almacenamiento: 1100 L
  - ✓ Unidades: 5 u
- ✓ Costo: S/. 410



**ARMADOS EN PERÚ**

*Ilustración 10. Tanque*  
*Fuente: Mercado Libre*



5.2. Manual de Procesos y Procedimientos (MAPRO)

	<b>MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS</b>	
	<b>RECOLECCIÓN DE ACEITE RESIDUAL</b>	<b>CÓDIGO: MP-01</b>
<b>DEFINICIÓN</b>		
<p>Proceso mediante el cual se recoge el aceite residual de las diferentes fuentes de abastecimiento utilizando recipientes especializados, para luego ser llevadas a la zona de maquinarias.</p>		
<b>OBJETIVO</b>		
<p>Obtener el aceite necesario para comenzar con el proceso de la elaboración de biodiesel a partir de dicho compuesto. Además, se busca que el aceite no tenga demasiado tiempo desde su primer uso.</p>		
<b>AREA RESPONSABLE</b>		
<p>Área de producción</p>		
<b>REQUISITOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La materia prima debe estar limpia y no debe existir presencia de otros materiales, ya sean orgánicos o inorgánicos, como metales.</li> <li>➤ Información de la materia prima: Color y peso aproximado.</li> </ul>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<p>La materia prima será recepcionada en envases plásticos (bateas), por parte de los operarios quienes se encargarán de revisar, por simple inspección, si la materia prima cumple con los requisitos de limpieza, a su vez, se registrará el color y el peso aproximado de la materia prima en un registro manual. Seguidamente, se informará al jefe de producción la recepción de la materia prima y se transportarán las bateas a una zona de almacenaje temporal.</p>		
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>		



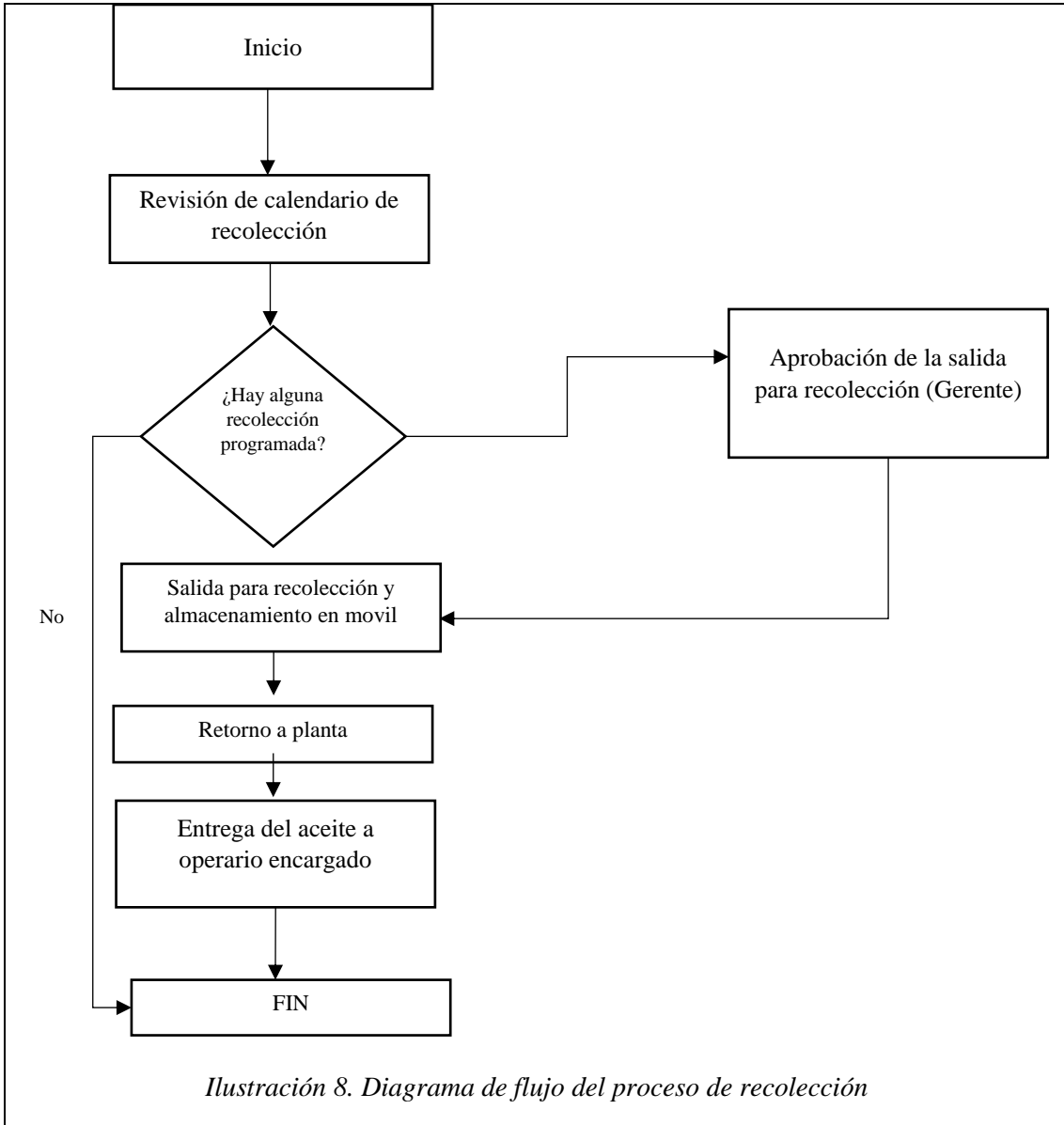
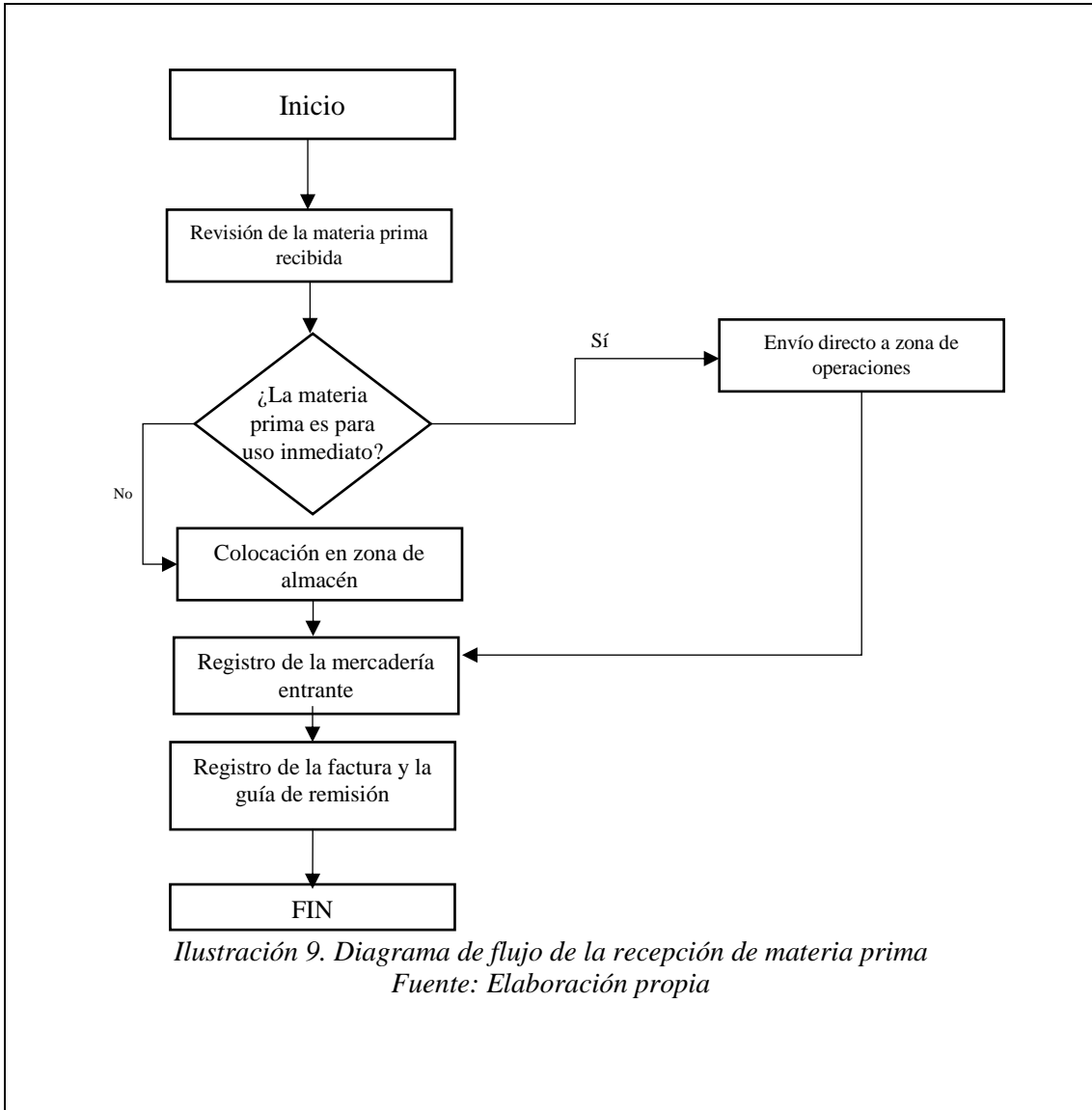


Ilustración 8. Diagrama de flujo del proceso de recolección



	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS	
	RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	CÓDIGO: MP-02
<b>DEFINICIÓN</b>		
<p>Consiste en la recepción de las demás materias primas aparte del aceite residual para la elaboración del biodiesel, realizando a su vez un registro de la materia prima comprada y la materia prima utilizada, así como de las guías de remisión y las facturas.</p>		
<b>OBJETIVO</b>		
<p>Tener un correcto control de la materia prima que ingresa a la planta y la que es utilizada, para evitar errores o confusiones en la gestión de dicha materia prima.</p>		
<b>AREA RESPONSABLE</b>		
<p>Área de logística</p>		
<b>REQUISITOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se debe registrar absolutamente todas las entradas y salidas en el almacén de la planta.</li> <li>➤ Se deberá utilizar una plantilla prediseñada y con la respectiva firma del operario.</li> <li>➤ Se deberá tener un folder en donde se archivan de manera ordenada los ingresos y salidas, así como las facturas y guías de remisión que ingresen.</li> </ul>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<p>La materia prima será recepcionada en envases plásticos (baldes), por parte de los operarios quienes se encargarán de revisar, por simple inspección, si la materia prima cumple con los requisitos de limpieza, a su vez, se registrará el color y el peso aproximado de la materia prima en un registro manual. Seguidamente, se informará al jefe de producción la recepción de la materia prima y se transportarán los baldes a la zona de almacenaje. Además</p>		
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>		



*Ilustración 9. Diagrama de flujo de la recepción de materia prima  
Fuente: Elaboración propia*



	<b>MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS</b>	
	<b>FILTRACIÓN DE ACEITE RESIDUAL</b>	<b>CÓDIGO: MP-03</b>
<b>DEFINICIÓN</b>		
<p>Consiste en la realización del procedimiento de filtración de aceite residual en los tanques destinados para ello.</p>		
<b>OBJETIVO</b>		
<p>Garantizar que el aceite que será utilizado para la elaboración de biodiesel esté libre de impurezas y por lo tanto el producto final sea de mayor calidad.</p>		
<b>AREA RESPONSABLE</b>		
Operaciones		
<b>REQUISITOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La filtración del aceite debe realizarse en su totalidad y en un plazo máximo de 24 horas.</li> <li>➤ El aceite debe notarse a simple vista libre de impurezas</li> </ul>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<p>Primero se prepara el tanque colocándole la tela de filtrado. Luego, el aceite residual será enviado de la zona de almacén a la zona de operaciones, en donde será vertido en el tanque destinado para la filtración. Este vertido se realiza de forma periódica llenando el espacio que posee el tanque para aceite sin filtrar. Luego de haberse consumido todo el aceite sin filtrar del lote, se procede a retirar la tela de filtrado y se desechan los desperdicios.</p> <p>En caso de que el aceite no se haya filtrado correctamente, se repite el proceso.</p>		
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>		

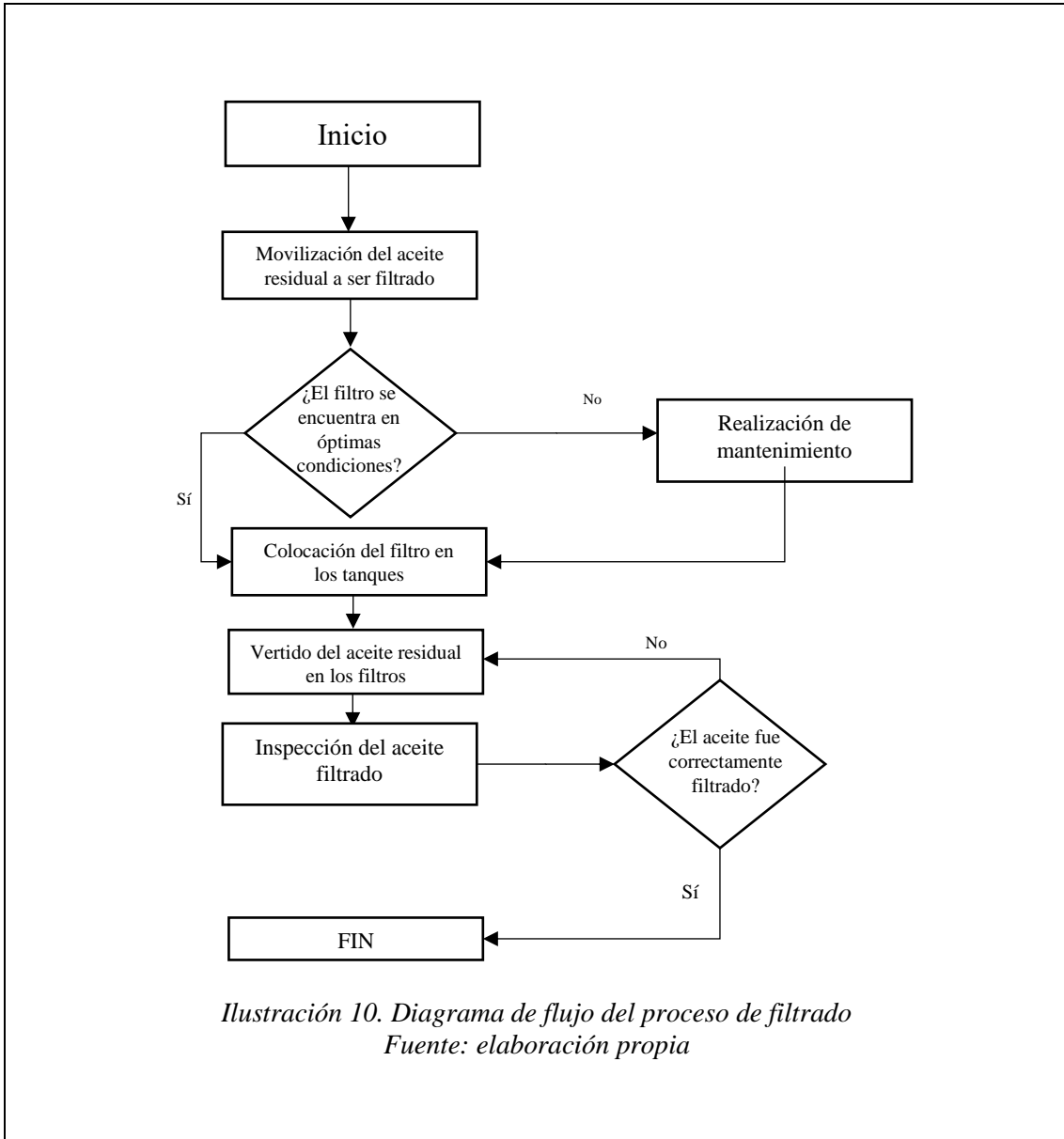
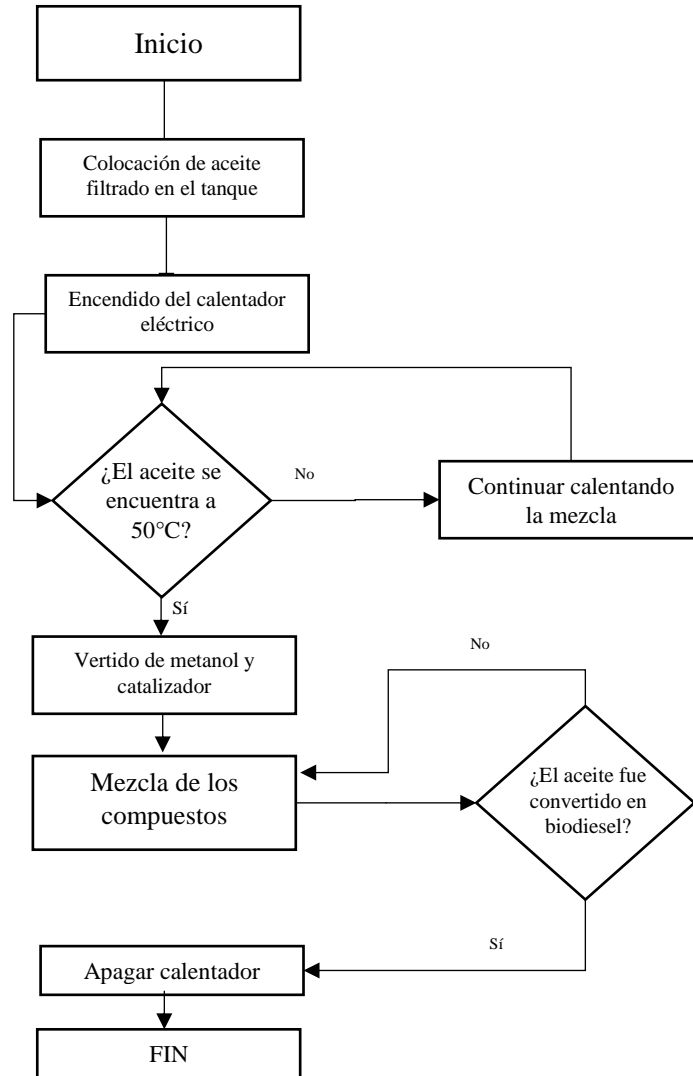


Ilustración 10. Diagrama de flujo del proceso de filtrado  
Fuente: elaboración propia



	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS	
	TRANSESTERIFICACIÓN	CÓDIGO: MP-04
<b>DEFINICIÓN</b>		
<p>Consiste en la realización del procedimiento de transesterificación por parte de los operarios, para el cual se deberá calentar el aceite previamente filtrado y luego agregar tanto el metanol como el catalizador a la mezcla.</p>		
<b>OBJETIVO</b>		
<p>Obtener de forma correcta un biodiesel de calidad a partir de aceite residual obtenido de las chifleras.</p>		
<b>AREA RESPONSABLE</b>		
<p>Área de operaciones</p>		
<b>REQUISITOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El proceso de transesterificación debe realizarse cumpliendo con las condiciones preestablecidas de calidad</li> <li>➤ El proceso no debe durar más de 4 horas por lote.</li> </ul>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
<p>Primero, el aceite previamente filtrado es colocado en el tanque y se prepara el metanol y el catalizador. Luego, el aceite se calienta hasta que llegue a la temperatura de 50°, ya que esto es necesario para iniciar el procedimiento de transesterificación. Luego se ingresa el metanol y el catalizador en la mezcla, y se mezclan los compuestos hasta que el aceite se haya convertido en biodiesel. Por último, se procede a apagar el calentador.</p>		
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>		

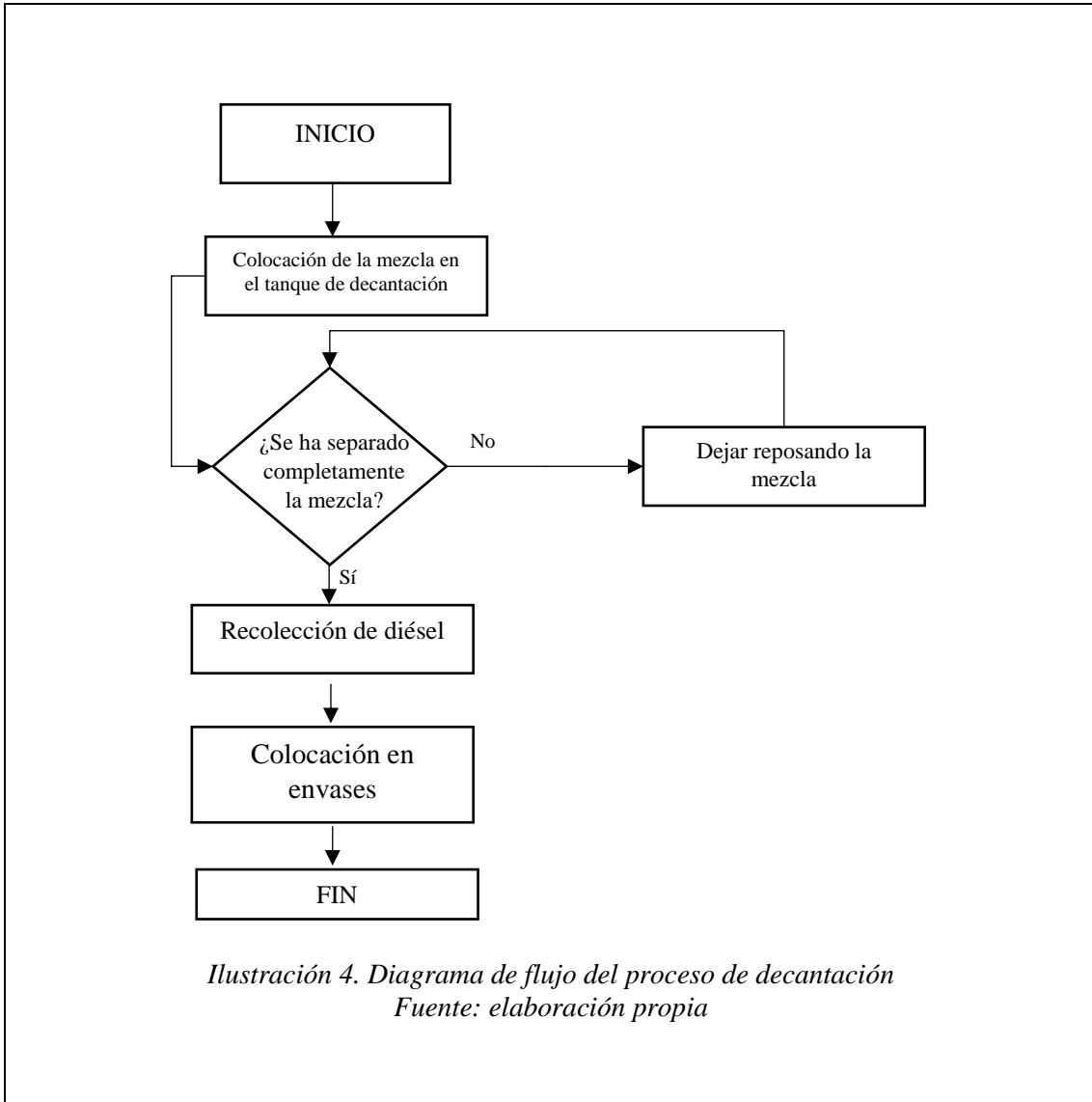


*Ilustración 11. Diagrama de flujo del proceso de filtrado  
Fuente: elaboración propia*



	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS	
	DECANTACIÓN	CÓDIGO: MP-05
DEFINICIÓN		
<p>Proceso mediante el cual se produce la separación de la mezcla obtenida en la transesterificación, obteniendo así biodiesel sin glicerina y listo para la comercialización.</p>		
OBJETIVO		
<p>Separar el biodiesel de la glicerina para que así cumpla los estándares de calidad y esté listo para ser comercializado y generar beneficios económicos a la empresa.</p>		
AREA RESPONSABLE		
<p>Área de operaciones</p>		
REQUISITOS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La decantación no debe realizarse durante más de 15 horas, ya que la glicerina se convierte a estado líquido.</li> </ul>		
PROCEDIMIENTO		
<p>Primero, el biodiesel proveniente de la transesterificación debe ser colocado en el tanque de decantación. Posteriormente se espera un promedio de 10 horas para que la glicerina se decante por completo. Por último el diésel debe ser colocado en envases, para así separarlo de la glicerina.</p>		
DIAGRAMA DE FLUJO		

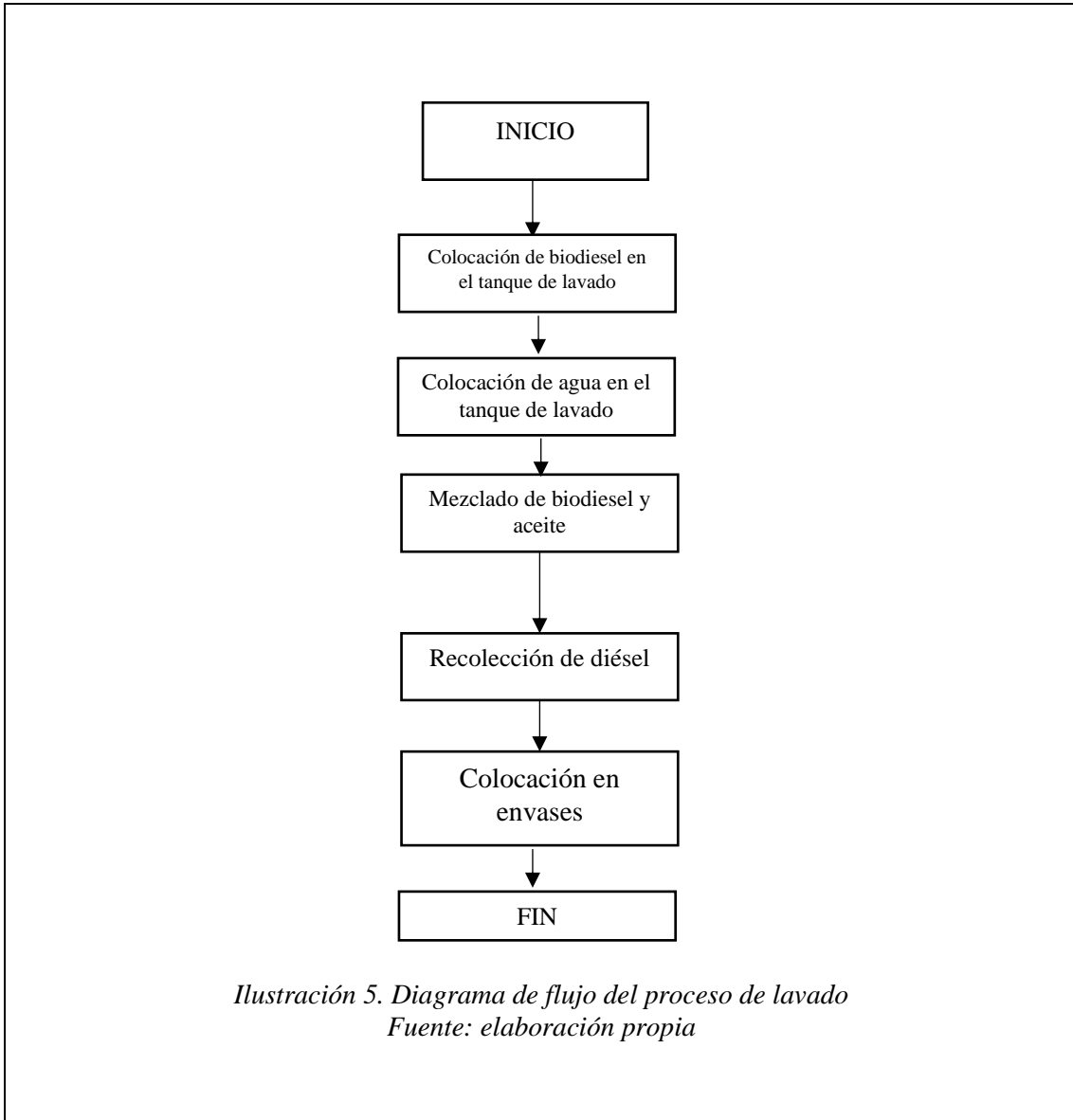




*Ilustración 4. Diagrama de flujo del proceso de decantación  
Fuente: elaboración propia*



	MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS	
	LAVADO	CÓDIGO: MP-06
<b>DEFINICIÓN</b>		
Proceso mediante el cual se produce la separación de restos de glicerina, soda y metanol mediante la adición de agua y posterior agitación.		
<b>OBJETIVO</b>		
Separar el biodiesel de los restos de glicerina, soda y metanol para así obtener un producto final con un nivel alto de pureza y que de esta manera cumpla los requisitos de Osinergmin.		
<b>AREA RESPONSABLE</b>		
Área de operaciones		
<b>REQUISITOS</b>		
➤ El aceite debe terminar con una coloración levemente transparente		
<b>PROCEDIMIENTO</b>		
Primero, el biodiesel proveniente de la decantación es colocado en el tanque destinado para el lavado. Luego, se debe colocar la cantidad necesaria de agua, y posteriormente se procede a realizar el lavado mediante mezclado. Luego de 1 hora de lavado, se deja reposando la mezcla para separar el biodiesel limpio del agua con restos de glicerina, metanol y soda.		
<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>		



*Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso de lavado  
Fuente: elaboración propia*



### 5.3. Manual de Operaciones y Funciones (MOF)

	<b>MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES</b>	
	<b>JEFE DE PRODUCCIÓN</b>	<b>CÓDIGO: MOF-01</b>
<b>LINEA DE AUTORIDAD Y SUBORDINACIÓN</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Depende de: Gerente General</li> <li>➤ Ejerce autoridad sobre: Operarios</li> </ul>		
<b>MISIÓN DEL PUESTO</b>		
Organizar y dirigir las actividades y procesos para la correcta elaboración del biodiesel a partir de aceite residual, así como la toma de decisiones acerca de los conflictos o problemas que puedan surgir durante las horas de trabajo de los operarios. Además, debe velar por el aprendizaje y mejor desempeño de los operarios.		
<b>FUNCIONES PRINCIPALES</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Supervisión de la correcta gestión de la materia prima</li> <li>2. Supervisión de la correcta labor de los operarios con respecto a las operaciones a realizar para obtener el biodiésel.</li> <li>3. Control de la seguridad y salud de los trabajadores a su cargo</li> <li>4. Control de la calidad del producto terminado, así como de los productos intermedios.</li> <li>5. Supervisión del correcto uso de la maquinaria, así como del mantenimiento correctivo o preventivo que corresponda a la misma.</li> <li>6. Emisión de reportes sobre la producción, diarios, mensuales y anuales.</li> <li>7. Control de los inventarios y emisión de pedidos de compra de materia prima.</li> </ol>		
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>		
Nivel Educativo	Grado académico	
Técnico	Técnico	
<b>Profesión/Ocupación</b>		
Técnico capacitado en procesos químicos industriales y en seguridad y salud en el trabajo		
Especialización	Conocimiento de informática	
Ninguna	Ninguno	
Conocimiento de idiomas	Conocimientos especiales	
Ninguno	Ninguno	



Experiencia laboral	Experiencia laboral en otros sectores
5 años de experiencia ejerciendo como técnico de algún proceso químico industrial.	5 años

	MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES	
	OPERARIO DE PRODUCCIÓN	CÓDIGO: MOF-02
LINEA DE AUTORIDAD Y SUBORDINACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Depende de: Jefe de producción</li> <li>➤ Ejerce autoridad sobre: Nadie</li> </ul>		
MISIÓN DEL PUESTO		
Utilizar la maquinaria de forma ordenada, correcta y responsable para garantizar la correcta elaboración de un biodiesel que cumpla los estándares de calidad.		
FUNCIONES PRINCIPALES		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar la recolección de aceite residual de las diferentes empresas chifleras</li> <li>2. Realizar el proceso de filtración de aceite residual</li> <li>3. Realizar la transesterificación de aceite residual con metanol</li> <li>4. Llevar a cabo la decantación de la mezcla procedente de la transesterificación.</li> <li>5. Almacenar de forma correcta tanto el biodiesel como los productos intermedios.</li> <li>6. Recolección de residuos para su desecho.</li> </ol>		
PERFIL DEL PUESTO		
Nivel Educativo	Grado académico	
Técnico	Técnico	
Profesión/Ocupación		
Técnico capacitado en procesos químicos industriales y en seguridad y salud en el trabajo		
Especialización	Conocimiento de informática	
Ninguna	Ninguno	
Conocimiento de idiomas	Conocimientos especiales	



Ninguno	Ninguno
Experiencia laboral	Experiencia laboral en otros sectores
No es necesaria	No es necesaria

#### 5.4. Propuesta de disposición en planta

La propuesta de disposición de planta se ha realizado con el fin de obtener un buen desempeño de ella, la cual dará como resultado la obtención de biodiesel después de una serie de procesos, donde tenemos como materia prima relevante al aceite residual de las industrias chifleras.

Para ello, la distribución de planta será de tal forma que los equipos estén dispuestos uno a continuación de otro, para que así la materia prima pase de manera continua y se den los procesos mencionados anteriormente para obtener el producto.

A continuación, se presentan la identificación y dimensionamiento de la planta, la matriz de interrelaciones, el diagrama de interrelaciones y, por último, el diagrama de espacios.

##### 5.4.1. Identificación y dimensionamiento

Se definieron las siguientes áreas de la empresa: Almacén de la materia prima, línea de producción, control de calidad, almacén de biodiesel final, servicios higiénicos. Se les asignó un área determinada (m<sup>2</sup>), todo con el fin de que exista espacio suficiente para el traslado y permita un buen desempeño de los trabajadores, así como un buen acondicionamiento.

*Tabla 15. Áreas de la empresa*

<b>Áreas de la planta</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Almacén de la materia prima	28
Línea de producción	84
Control de calidad	12
Almacén de biodiesel final	28
Servicios Higiénicos y vestidores para personal	12

Fuente: Elaboración propia



- Se ha designado un área de almacén de la materia prima, donde estará almacenado el aceite residual en tanques y los otros insumos.

El aceite se almacenará en baldes de capacidad de 20L. Se ha estimado una producción de 15000 litros por mes (6 lotes por mes, cada lote 2500 litros). Es por ello que como mínimo se debe tener almacenamiento para 2500 litros, esto sin considerar que puede haber retrasos en la producción por distintos motivos y se acumule almacenamiento, por ello se estimó 28 m<sup>2</sup> para 10 000 litros. Como sobra espacio se planea en un futuro aumentar la producción y por ende el almacenamiento, además considerando que los baldes se pueden colocar uno encima de otro.

- El área de la línea de producción donde se encontrará toda la tecnología, herramientas y materiales para llevar a cabo los procesos antes mencionados.

Esta área se ha considerado de 84 m<sup>2</sup> porque es donde irán todos los equipos con un respectivo espaciado suficiente para que los trabajadores se puedan trasladar sin ningún problema y a la vez considerando que existirán tuberías que transportarán el biodiesel y estas no pueden impedir el libre tránsito, los equipos a usar serán: 1 tanque agitador; estante de 2 metros para colocar los distintos materiales e implementos de seguridad; 3 tanques de Mixtura con fondo Cónico 5000 L transesterificación, 1 Máquina centrifugadora (Agua-Aceite) y Bombas de desplazamiento positivo.

- El área de control de calidad donde se evaluará, mediante muestras, que el biodiesel obtenido cumpla con los estándares de calidad, a su vez se evaluará el aceite que se usará en el proceso.

Esta área tiene 12 m<sup>2</sup>, se acondicionará como un pequeño laboratorio ya que los equipos a emplear no son grandes, estos servirán para medir y verificar que los parámetros cumplan con las normas dadas por Osinergmin.

- El área de almacén de biodiesel final, donde se almacenará el producto final obtenido.

Se estableció que se almacenarán en 5 tanques cisternas, cada tanque tiene capacidad de almacenamiento de 1100 litros. Se espera producir 15 000 litros mensuales.

Cada tanque cisterna tiene 1.08 m de diámetro y 1.42 m de altura, por lo cual se confirma que entran en el área de 28 m<sup>2</sup> y sobrá espacio para cuando se aumente la producción en un futuro.

- Por último, los servicios higiénicos y vestidores para personal, el cual tiene un área de 12 m<sup>2</sup>.



#### 5.4.2. Matriz de interrelaciones

Luego de haber mencionado las áreas de los procesos que se llevarán a cabo en el punto anterior, se explicará las áreas necesarias para el correcto funcionamiento de la línea. A continuación, se elaborará una tabla que indica las relaciones de proximidad que pueden existir en cada actividad representadas por las letras (A, E, I, O, U, X, Y).

*Tabla 16 Relaciones de proximidad que pueden existir en cada actividad*

<b>CÓDIGO</b>	<b>PROXIMIDAD</b>	<b>Nº DE LÍNEAS</b>
A	Absolutamente necesario	4 rectas
E	Especialmente necesario	3 rectas
I	Importante	2 rectas
O	Normal	1 recta
U	Sin importancia	
X	No Deseable	1 línea curva
Y	Altamente no deseable	2 líneas curvas

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la siguiente tabla muestra las razones de la relación de proximidad, las cuales serán codificadas por números.

*Tabla 17 Razones de la relación de proximidad*

<b>CÓDIGO</b>	<b>RAZONES</b>
1	Actividades Consecutivas
2	Acceso Común
3	Necesidad Frecuente
4	Personal compartido
5	Mal Olor
6	Ruido
7	Evitar Errores
8	Actividades Similares
9	Control de Rutina



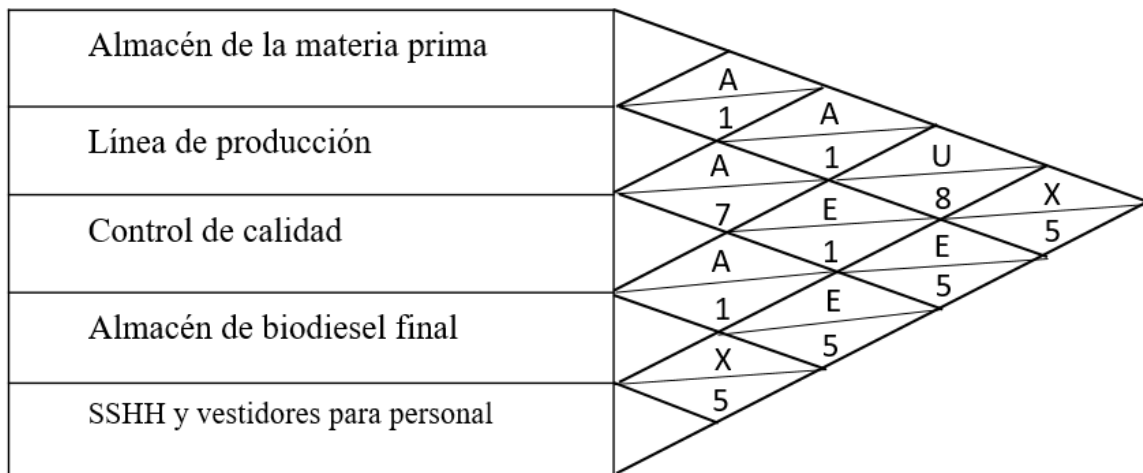


10	Peligro de accidentes
----	-----------------------

Fuente: Elaboración propia

Haciendo uso de estas tablas. Se realiza la matriz de interrelaciones:

Tabla 15 Matriz de Interrelaciones



Fuente: Elaboración propia

### 5.4.3. Diagrama de interrelaciones

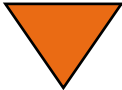

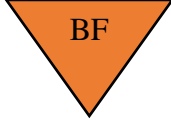




Utilizando la matriz de interrelaciones se representan los niveles de importancia o de proximidad de las actividades en el diagrama relacional.

Ya que anteriormente en la tabla 1 se había indicado la proximidad y el número de líneas se puede realizar el diagrama de interrelaciones, pero previo a eso se representará cada actividad siguiendo la simbología mostrada a continuación.

Tabla 16 Representación de las actividades

Símbolo	Representación	Color	Área o Departamento
	Operación	Rojo	Línea de Producción 



	Almacenamiento	Naranja	<p style="text-align: center;">Almacén de la MP</p> <p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;">Almacén de biodiesel final</p> <p style="text-align: center;"></p>
	Control	Azul	<p style="text-align: center;">Control de Calidad</p> <p style="text-align: center;"></p>
	Servicio	Verde	<p style="text-align: center;">Servicios Higiénicos</p> <p style="text-align: center;"></p>

Fuente: Elaboración propia

Entonces, se muestra la distribución física de cada una de las actividades dentro del área destinada para la planta de tal manera que se cumpla con las restricciones de proximidad.

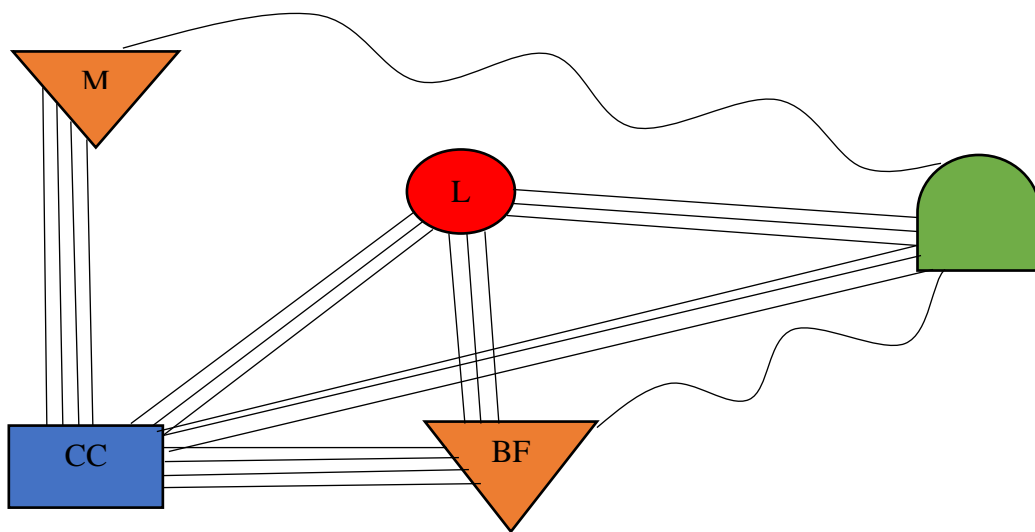


Gráfico 5 Distribución física de actividades

Fuente: Elaboración propia



#### 5.4.4. Diagrama de espacios

Considerando el área de cada departamento y la proximidad entre ellos se realizó el siguiente diagrama de espacios:

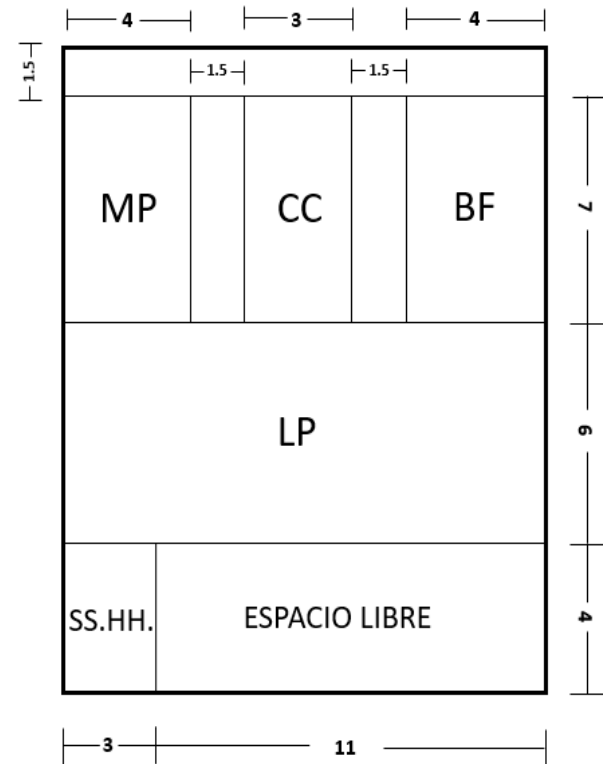


Gráfico 6 Diagrama de espacios

Fuente: Elaboración propia

Habrà un espacio libre puesto que se piensa en un futuro agrandar la planta o en todo caso, usar ese espacio para oficinas administrativas.



## Capítulo 6

### Propuesta de aprovechamiento de la Merma

Este capítulo está dedicado a tener una propuesta extra para añadirle valor a la merma de glicerina obtenida a través de proceso de transesterificación, con ello se busca a futuro aprovechar en la línea la merma o influenciar en el lector la idea para hacer posible estas ideas de valor agregado.

#### 6.1. Producción de glicerina en el proceso

La glicerina se obtiene como subproducto del proceso de fabricación del Biodiesel, la cual llega a alcanzar aproximadamente el 10% (o menos) de la MP. Aunque el uso de la palabra glicerina se usa indistintamente para todos los tipos de esta, aquí la usaremos de modo que se refiere a la glicerina cruda.

La glicerina cruda contiene (Ormaz Aznar, 2010):

Agua: 8 a 12%

Cenizas, sales: 2 a 6%

Ácidos grasos libres: 1 a 4%

Metanol: > 0.4%

Glicerol: 40 a 84 %

El porcentaje de glicerol varía ampliamente según la materia prima y el proceso utilizado. Los compuestos involucrados son miscibles entre sí y tienen propiedades químicas muy diferentes (potasio, metanol, agua, ácidos grasos libres y glicerol). Se pueden separar mediante acidificación obteniendo una pureza del orden del 80 %, pero esto implica un gasto adicional (Wolj D., 2011).

Las distintas calidades de glicerina son:

**Glicerina cruda:** Es el producto contenido en la corriente de salida del proceso de transesterificación y contiene una gran cantidad de metanol, agua, jabones y sales. Normalmente tiene un contenido de glicerol entre 40 y 88% en peso.

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

**Glicerina USP:** Con una concentración del 99,7% es la que cumple con la norma USP (United States Pharmacopeia) y el Food Chemicals Codex (FCC) y por lo tanto es apta para uso alimenticio, farmacéutico y cosmético (Posada Duque, 2010).



## 6.2. Demanda de glicerina

Según GIA (Global Industry Analysts, Inc) en el mercado mundial de glicerina se prevé llegar a 4,4 mil millones de libras en el año 2015 (aproximadamente 2,2 millones de toneladas). Los factores clave que impulsan el crecimiento del mercado incluyen la creciente demanda de productos cosméticos y de higiene personal, productos farmacéuticos, alimentos, bebidas y nuevos usos de la glicerina (Wolj D., 2011).

Se debe tener en cuenta que resulta muy costoso refinar la glicerina cruda hasta una elevada pureza, especialmente para los pequeños y medianos productores de biodiesel. Es por este motivo que el precio de la glicerina grado USP no ha caído de la misma forma que el de la glicerina cruda.

Como se puede ver en la Figura, el precio de la glicerina en USA se redujo de 1 US\$ /lb en 1995 a menos de 0,40 US\$ /lb en 2005; en Europa el precio bajó de casi 1,500 EUR/t a menos de 500 EUR/t (Oleoline, 2005).

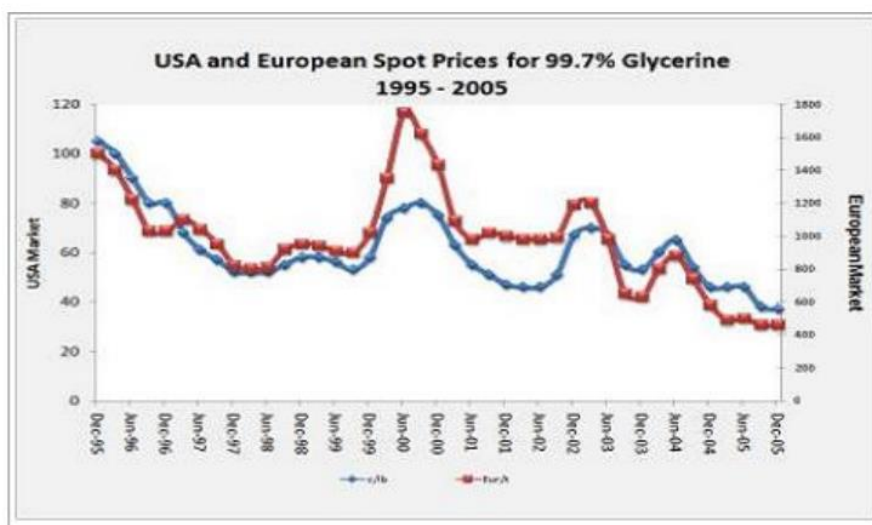


Figura 9 Precios de la Glicerina periodo 1995 – 2005  
Fuente: Oleoline, 2005

Se necesita, por lo tanto, analizar usos alternativos de la glicerina que le den un mayor valor agregado por lo que se procurará encontrar tecnologías disponibles y se estudiará la factibilidad de las que puedan aportar una solución real a la problemática a corto, mediano y largo plazo.

## 6.3. Procesamiento de la glicerina cruda

La glicerina obtenida en la transesterificación puede sufrir apenas una neutralización ácida y eliminación del metanol, para pasar directamente a los depósitos de almacenamiento donde



posteriormente se la procesará según el uso final a que será destinada, o será comercializada en estas condiciones. Esto es lo que generalmente ocurre en las plantas de fabricación de biodiesel cuya capacidad de producción no supera las 10,000 toneladas / año.

Para obtener una mayor concentración de glicerol se realiza un proceso de destilación con alto vacío o se utilizan resinas de intercambio para obtener una pureza del 99.7%. Sin embargo, si la concentración de sales originadas en el proceso es elevada, el costo de regeneración de las resinas puede hacer que este proceso no sea económicamente viable.

Si se utiliza ácido fosfórico para la neutralización e hidróxido de potasio como catalizador obtenemos fosfato de potasio, el cual puede usarse como fertilizante.

Si se utiliza hidróxido de sodio como catalizador y ácido clorhídrico para neutralizar se obtiene cloruro de sodio y se puede utilizar la glicerina como aditivo para piensos.

Se pueden eliminar tanto el olor como el color utilizando carbón activado y posterior filtrado de la glicerina previamente purificada, pero se debe tener en cuenta que implica un costo adicional (Woloj D., 2011).

#### 6.4. Usos, productos y procesos derivados de la glicerina

Ya en 1955 Leffinwell y Lesser listaron, en un libro de su autoría, 1583 usos posibles para la glicerina (Sierra W., Soubes M.; 2005). Lo que sigue es un listado, solo a modo de ejemplo, en cuanto a las posibles aplicaciones:

Agente endulzante (reemplaza al azúcar), acuarelas y pinturas, barnices y lacas, tintas de impresión, medicamentos: cápsulas, supositorios, anestésicos, jarabes, pastillas. Industria cosmética, productos de limpieza, agente antiespumante, industria del cuero, celofán, nitroglicerina, fibras sintéticas, jabones, industria de la alimentación, cigarrillos y pegamento.

Desde 1955 a la fecha se han añadido nuevos usos para esta sustancia en los más diversos campos de la industria. A los efectos del presente trabajo debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones (Woloj D., 2011).

- La categoría de la glicerina a usar en cada proceso (cruda, técnica o USP) por su importancia en la ecuación económica del proceso.
- Si partiendo de la glicerina el producto que se obtiene es a través de un proceso de síntesis (catálisis heterogénea) o bioproceso (proceso basado en la utilización de microorganismos).
- Si es un proceso conocido, en etapa de investigación, en etapa de desarrollo o patentado.



#### 6.4.1. Usos

- **COMPLEMENTO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.**

Se puede utilizar la glicerina como suplemento en alimentos “secos” para alimentación animal. En la actualidad hay empresas y universidades que están abocadas a evaluar el impacto que tendrá el uso de la glicerina incorporada a los piensos tanto desde el punto de vista de los costos como de las características de la carne, leche y derivados en ganado bovino, porcino y aves de corral.

Esta utilidad está sustentada en algunas propiedades de la glicerina que lo facilitan:

- Es un producto de fácil absorción
- Antiséptico, esta propiedad permite higienizar los piensos mediante el uso del glicerol.
- Alto grado de palatabilidad debido a su sabor dulce.
- Posee ciertas propiedades aglomerantes debido a su poder higroscópico.
- Aporte energético en la alimentación: 4,32 Kcal/gr (Ferrero A., Rosa I., 2010).

El consenso general es que el contenido de glicerol en bruto puede ser de hasta un 15% de una dieta de rumiantes. En el caso particular de las vacas lecheras, se ha observado un aumento en la producción de leche y en su contenido de proteína (Bodarsky R. Wartelecki T., Bommer F., 2005).

Una reciente reglamentación de la FDA (U.S. Food and Drug Administration) indica que los niveles de metanol en la glicerina no deben superar las 150 ppm, en caso contrario será considerado como inseguro para la alimentación animal.

El contenido de sales presentes en el glicerol derivado de la industria del biodiesel puede llegar a valores del 11,3%. Dichas sales son potasio (hasta 2,3 % en materia seca), sodio (hasta 0,11% y fósforo (hasta 2,36%). Estos valores pueden ser limitantes del consumo y se debe verificar que el porcentaje no llegue a valores tóxicos (Galvan F., 2010).

El glicerol permanece estable durante al menos un año, esto permite almacenarlo durante ese tiempo.

Los resultados de estudios realizados en la Universidad de Purdue indican claramente que el glicerol puede ser incluido como un ingrediente macro en dietas para vacas lecheras en producción, sin efectos nocivos (Shawn S., Perry D., 2010).



Hasta ahora, los resultados de utilización de glicerina en las dietas para porcinos habían sido variables, pero un reciente estudio de la Universidad de Illinois muestra que su administración a cerdos de acabado no tuvo efectos negativos sobre el rendimiento o las características de la calidad de la carne. En las dietas en porcinos se podría incluir hasta un 15% de glicerina cruda, aún con un cierto porcentaje de metanol y lograr rendimientos similares a una dieta convencional maíz: soja (Kerr B., Weber T., 2009).

La empresa Alcoholes del Uruguay (ALUR) se propone utilizar el glicerol crudo como sustituto de otros nutrientes más costosos, entre ellos el maíz.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) está investigando el uso de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos.

Se evaluará la energía que puede aportar la glicerina en diferentes fases de la producción en pollos de engorde (pre iniciación, crecimiento, finalización), ponedoras (producción segunda fase) y cerdos (iniciación, crecimiento, finalización) para luego ajustar energéticamente las dietas y formular los niveles de aceptabilidad en sistemas de nutrición de aves y cerdos.

En una segunda etapa se analizarán los efectos económicos de utilizar la glicerina como complemento en conjunto con otros subproductos. Se estima que puede llegar a reemplazar el 20% de los requerimientos de maíz en la formulación alimenticia de las aves (Lammers P., Honeyman M, 2010).

#### 6.4.2. Lubricantes

Para valorar la aplicabilidad de la glicerina como lubricante, la empresa Repsol YPF está analizando si puede prestar las funciones correspondientes a las de un lubricante convencional. Para ello debería cumplir los siguientes requisitos:

- Reducir el consumo de energía
- Reducir la fricción
- Reducir el desgaste
- Refrigerar los componentes
- Transmitir el calor
- Poseer propiedades aislantes
- Transmitir potencia
- Mejorar la estanqueidad





- Proteger contra la corrosión y herrumbre

Se debe tener en cuenta que en la industria alimenticia el lubricante utilizado tanto en líneas de transporte, envasadoras, bombas, compresores, etc. puede tener contacto directo con los insumos y productos de proceso. En principio es de esperar que las características reológicas y su baja toxicidad permitan su utilización.

De no cumplir con alguna de las especificaciones se le agregarían aditivos que las mejoren a fin de llegar a los estándares requeridos (Woloj D., 2011).

#### 6.4.3. Recuperación de derrames de petróleos

Es para destacar la importancia del procedimiento desarrollado para la recuperación de derrames petroleros en la Universidad Federal de Río de Janeiro ya que, en la actualidad, la metodología es quemar el petróleo y luego arrojar dispersantes químicos al mar, un recurso altamente contaminante para el medio ambiente. Este procedimiento, en cambio, recupera el combustible y la glicerina.

El desarrollo está a cargo del profesor Fernando Gomes de Souza Júnior, del Instituto de Macromoléculas de la Universidad Federal de Rio de Janeiro (URFJ), y se basa en lograr un material plástico lo más parecido posible al petróleo en cuanto a su carácter hidrofóbico.

La glicerina, proveniente del biodiesel, al ser arrojada en forma de polvo sobre el petróleo, se combina con éste dando lugar a una masa plástica de manera tal que, por ser ambos igualmente hidrofóbicos, se alejan juntos del agua.

El procedimiento para retirar esa mezcla del agua es agregar partículas de hierro de tamaño manométrico en la masa plástica que posteriormente son atraídos por cintas magnetizadas. El petróleo, retirado junto con la glicerina, recibe una carga de querosene para ser filtrado. En la filtración se recupera una mezcla de petróleo y querosén, que es fraccionada en una torre de destilación, y se pueden utilizar los productos en los procesos petroquímicos convencionales (Woloj D., 2011).



#### 6.4.4. Glicerina Destilada

La glicerina USP, es decir la que cumple los requisitos USP de la United States Pharmacopeia y el Food Chemicals Codex (FCC), es usada ampliamente en los sectores de alimentación, tabaco, cosmética y productos farmacéuticos, como se puede ver a continuación:

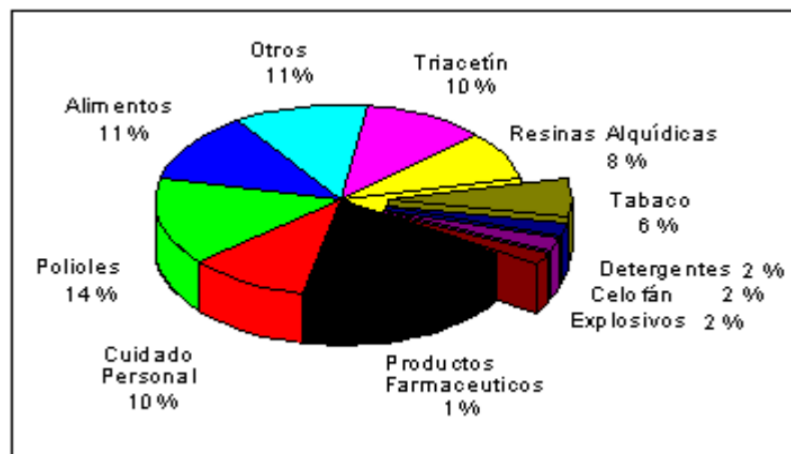


Figura 10 Mercado de la glicerina  
Fuente: Posada J., Cardona C, 2010

Se visualiza un esquema del proceso de destilación de la glicerina en base al cual se realizó la evaluación económica del proceso (Posada J., Cardona C, 2010). Como se ve en el diagrama la corriente de glicerina ingresa a un evaporador en cuyo tope se recupera el metanol (90%) y el producto de fondo se neutraliza en un reactor con una solución ácida para posteriormente ingresar a una centrífuga donde son separadas sales y cenizas.

Luego se procede al lavado con agua para separar los triglicéridos presentes y se somete nuevamente a un proceso de evaporación para eliminar el agua restante y restos de metanol que permanecen en la corriente de proceso para, finalmente, purificar la glicerina por destilación, obteniendo un 98% de pureza en el producto. Para que la glicerina llegue a grado USP se necesita, como se ve en la parte b del diagrama, un posterior refinamiento a través de resinas de intercambio iónico (Woloj D., 2011).

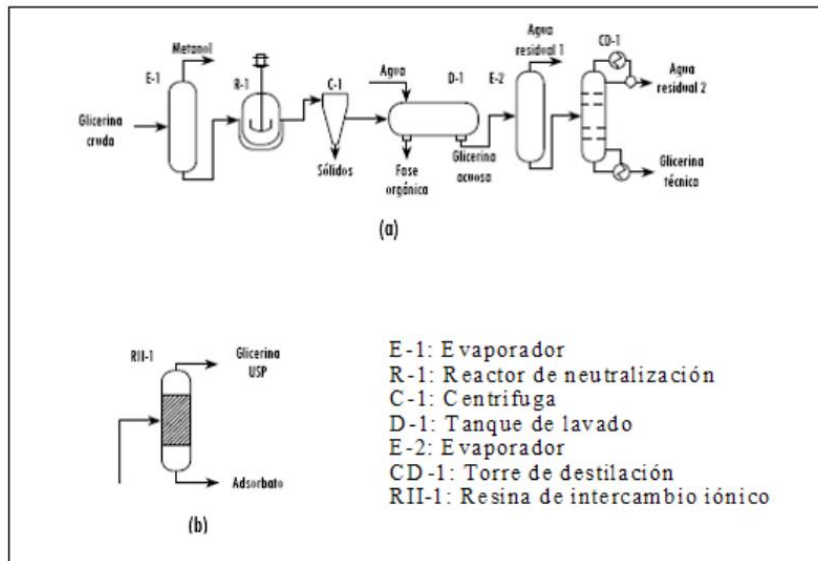


Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de purificación de la glicerina

Como resultado de la evaluación económica realizada se obtuvieron los valores que se resumen en la siguiente tabla, para un caudal de alimentación de glicerina cruda de 1000 Kg/h (Posada J., Cardona C, 2010).

	PRECIO COSTO	PRECIO VENTA	GANANCIA BRUTA
GLICERINA 88%	0.22	0.28	0.06
GLICERINA 98%	0.26	1.39	1.13
GLICERINA USP	0.35	3.48	3.13

Tabla 17 Evaluación de posibilidades de destilación de glicerina

#### 6.4.5. GTBE (Aditivo para combustibles)

Los aditivos oxigenados incorporados al diesel o biodiesel mejoran la eficiencia de la combustión a la par que disminuyen la emisión de contaminantes propios de los combustibles originados del petróleo. Existen ya en el mercado aditivos con alto contenido de mono, di y tri-éteres. Se puede utilizar la glicerina cruda para obtener aditivos oxigenados (GTBE) mediante una reacción de eterificación (Wolój D., 2011).

La glicerina, al reaccionar con olefinas, en presencia de un catalizador ácido, forma éteres alquílicos y si se usa isobutileno se obtiene GTBE (Gliceril-tert-butil-éter), un aditivo que incorporado al diesel o biodiesel mejora la eficiencia de la combustión y disminuye la emisión de contaminantes.



La presión y la temperatura de trabajo son relativamente bajas ( $50-100^{\circ}\text{C}$ - $5-15\text{ Kg/cm}^2$ ) y la reacción no está limitada por el equilibrio, ya que se pueden alcanzar conversiones superiores al 90%. En UCEL (Universidad del Centro Educativo Latinoamericano) se investiga la factibilidad de la síntesis el GTBE (Gliceril-tert-butil-éter), ya que consideran que es un proyecto viable desde el punto de vista técnico y sustentable desde lo económico (Nora Aimareti, 2008).

Befesa Gestión de Residuos Industriales (BGRI) ha construido y puesto en marcha una planta piloto para la producción de aditivos oxigenados para combustibles diésel a partir de glicerinas crudas de biodiesel. En la planta piloto se reproducen las tres etapas del proceso: pretratamiento, reacción y separación de productos. En la primera se eliminan las impurezas de la glicerina cruda.

En la segunda etapa, la glicerina pretratada reacciona con tert-butanol en presencia de un catalizador sólido para formar éteres de glicerol que constituyen el aditivo oxigenado. En la última etapa se separan los éteres di- y tri- terbutílicos de glicerol (DTBG y TTBG) del resto de los productos de reacción y se recuperan los reactivos para optimizar el proceso. Befesa ha solicitado la patente nacional del proceso (Woloj D., 2011).



## Capítulo 7

### Comparación entre el Combustible fósil vs Biodiesel

Debido a la que la naturaleza de este proyecto es la sustitución parcial o total de los combustibles fósiles utilizados actualmente en la industria agropecuaria donde los motores diésel son fuente esencial de trabajo; se ha tratado de hacer una comparación entre los diferentes tipos de combustibles con respecto al biodiesel que obtendremos para así ampliar el panorama y con ello ver los pros y contras de su uso.

#### 7.1 Características del biodiesel

La ASTM (American Society for Testing and Materials) define al biodiesel como “el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel”. Los alquilesteres pueden ser saturados e insaturados (cadenas de 12 a 20 átomos de carbono) con un rango de ebullición entre 300 y 360°C. El tipo y concentración de los mismos dependerá de la materia prima y el alcohol utilizado en su producción (Wolaj D., 2011).

“Artículo 1° — Se define como BIODIESEL a toda mezcla de ésteres de ácidos grasos de origen vegetal que tenga las siguientes especificaciones (Van Gerpen J., 2004):

- Punto de inflamación según norma ASTM D 93 mínimo cien grados celsius (100°C).
- Contenido de azufre máximo un centésimo (0,01) como porcentaje en peso según norma ASTM D 4294 o IRAM - IAP A 6539 o A 6516.
- Número de cetano según norma ASTM D 613/96 mínimo cuarenta y seis (46).
- Contenido de agua y sedimentos máximo cinco centésimos (0,05) medido como porcentaje según norma ASTM D 1796.
- Alcalinidad máxima cinco decimos (0,5) medidos como miligramos de hidróxido de potasio por gramo según norma ASTM D 664.
- Viscosidad cinemática a cuarenta grados celsius (40°C) entre tres con cinco y cinco decimos (3,5 y 5) centistokes medidos según norma IRAM - IAP A 6597.
- Densidad entre ochocientos setenta y cinco y novecientos milésimos (0,875 y 0,900) medidos según norma ASTM D 1298.

#### 7.2. Diésel B5

Elevado índice de cetano, que asegura una excelente calidad de ignición, arranque rápido y menor ruido del motor.

Menor contenido de azufre del mercado, asegurando una protección efectiva contra el desgaste.



Excelente lubricidad y reducción de emisiones contaminantes (al incrementarse el porcentaje de biodiesel de 2 a 5 %).

Elevado poder calorífico, que garantiza una eficiente combustión.

Contiene un paquete de aditivos de performance de última generación que le otorgan las siguientes ventajas (Petroperú, 2009):

- ✓ Limpieza de inyectores para una óptima pulverización y por ende mejora de la combustión
- ✓ Protección para la bomba de inyección de combustible
- ✓ Protección contra la corrosión
- ✓ Separación óptima del agua al contener un emulsificante
- ✓ Mejora del rendimiento
- ✓ Menores gastos por mantenimiento

**USOS** (Petroperú, 2009)

- ✓ En motores diésel de vehículos para el transporte terrestre (automóviles, camiones, ómnibus, entre otros)
- ✓ En plantas de generación eléctrica
- ✓ En equipos para la industria en general (minería, pesquería, construcción, sector agrícola, entre otras).
- ✓ En el país, el Diésel B5 es comercializado en los departamentos de Amazonas, La Libertad, Loreto, Piura, San Martín, Tumbes y Ucayali.

### 7.3. Características del Diésel

Las propiedades fisicoquímicas del diésel son las que determinan básicamente su campo de acción, siendo la principal de ellas el poder de ignición.

Con un punto de gasificación tres veces más elevado que la gasolina (150 OF contra 45 OF), el diésel resulta mucho menos peligroso en caso de accidente o ataque enemigo.

Si a esto se añade una eficiencia energética promedio casi dos veces mayor que la gasolina, se tendrán las razones de porqué los motores diésel se emplean principalmente en equipos de transporte masivo de pasajeros, rastras, camiones, trenes, todo tipo de vehículos de guerra y plantas de bombeo, entre otras aplicaciones.



La viscosidad del diésel aumenta notablemente con el descenso de las temperaturas, hasta llegar a convertirse en un gel incapaz de ser bombeado o comprimido a una temperatura de -32 OC (Melero J., 2012).

El contenido de azufre en el diésel es alto, pues la lubricación del combustible y por tanto su operatividad como carburante depende de este elemento químico. Esto trae como consecuencia que las emisiones del escape de los motores diésel sean altamente contaminantes y dañinas, contribuyentes a las lluvias ácidas y otros fenómenos negativos.

El grado de autoinflamación del gasoil se mide por el número de de cetano que conviene que se encuentre entre 40 y 70. Su curva de destilación se encuentra entre los 260 y 370°C. Número de cetano: Representa un índice de la capacidad de inflamación del combustible. Se define como el porcentaje en volumen de cetano (una parafina a la que se asigna grado 100) en una mezcla con alfa-metilnaftalina que ofrece el mismo retraso de encendido que el combustible en cuestión. Cuanto más alto sea el número de cetano, más bajo es el retraso de encendido, lo que beneficia el rendimiento del motor (Melero J., 2012).

#### 7.4. Comparación

Hoy día ya se tienen a la vista combustibles alternativos a los convencionales como el biodiesel o el diésel B5. Pero no todo lo que brilla es oro. Todos los combustibles tienen algún inconveniente. La combustión de los combustibles son reacciones exotérmicas, es decir, liberan energía que usamos para nuestro provecho. Para comparar los distintos combustibles se puede utilizar el poder calorífico, que mide la energía desprendida en la combustión de 1g de combustible. Veamos las propiedades de algunos combustibles (Woloj D., 2011):

Tabla 18 Cuadro Comparativo

Parámetro	Unidad	Biodiesel	Diésel
Poder calorífico	kcal/kg	37,27 MJ/L	43 MJ/L
Temperatura de inflamación	°C	100 – 170	60 - 80
Punto de ignición	°C	183	63
Índice de Cetano	-	48 – 55	40 - 55
Emisión de CO <sub>2</sub>	kg de CO <sub>2</sub> /L	0.21	2,79

Como se puede ver, el biodiesel tiene un poder calorífico inferior a los combustibles actualmente utilizados en la industria agropecuaria, la cual tiene necesariamente que comprar



más diésel para satisfacer la demanda; sin embargo, el uso del biodiesel ayudaría a la percepción de la empresa como una empresa eco amigable con lo cual podría competir en mercados internacionales, para lo cual una solución óptima sería la de utilizar una mayor cantidad de biodiesel en el diésel n° 2 (más del 5% que se viene utilizando actualmente) para así poder aprovechar al máximo las propiedades y ventajas que el biodiesel nos puede ofrecer.





## Capítulo 8

### Evaluaciones del Proyecto

En este apartado del informe se realizarán 2 evaluaciones, la evaluación ambiental y la Económica-financiera. La primera de ellas contribuye a comprender que es viable ambientalmente (la cual fue una de las principales razones para su elección como proyecto), se brindará un panorama acerca del impacto de este. La evaluación Económica-Financiera servirá para determinar si es rentable económicamente pues sin ello el proyecto carecería de sustento y no se realizarían las inversiones necesarias para su ejecución.

#### 8.1 Evaluación Económica – Financiera

Para la realización de este proyecto, se requerirá la instalación completa de la línea de producción de biodiesel, para lo cual se necesitará una buena inversión inicial. Para que la ejecución sea rentable, se tendrá que tener en cuenta el flujo de ingresos anual (depende de la capacidad de línea) y los costos fijos y variables de la línea.

Para ello en este caso se ha decidido hacer la compra de maquinaria para fabricar un volumen alto de producto final cada 4 días. Así, la maquinaria comprada compensa en precio al nivel de ingreso anual obtenido; es decir, la inversión inicial es relativamente alta para una línea de producción que recién está empezando.

Sin embargo, se hará una pequeña comparación análoga mediante la referencia a una tesis de postgrado, la cual diseñó su propia maquinaria para abaratar costos.

##### 8.1.1 Evaluación de la inversión:

Dicho esto, el flujo económico que se mostrará en este capítulo es alimentado por un presupuesto de inversión que se basa en la opción de compra de equipos con un costo alto por ser más especializado y un mayor costo de flete.

Se piensa comprar una bomba centrífuga a futuro (\*), la cual nos ayudará a que el proceso de separación de la glicerina con el biodiesel sea mucho más rápido, pero a la vez más eficiente.

Las garantías de 12 meses de los equipos comprados nos liberarán del costo por mantenimiento de la maquinaria comprada durante el primer año.



Tabla 99 Presupuesto de inversión

Rubro	Valor Unitario	Unidades totales	Total
<b>Infraestructura</b>			
Acondicionamiento y Construcción	10,000	1	10,000
<b>Maquinaria y equipos</b>			
Tanque Agitador 500L	6,050	1	6,050
Tanque Mixtura 5000L	18,700	3	56,100
Resistencia y termostato	100	6	600
Bombas de Desplazamiento	3,250	3	9,750
Tuberías de acero inoxidable (metros)	100	20	2,000
Tanque almacenamiento 1100L	410	5	2,050
Montaje de maquinaria	5,000	1	5,000
Flete transporte	25,000	1	25,000
Maquina Centrifuga*	16,300	1	16,300
<b>Herramientas</b>			
Material Varios	1,000	1	1,000
<b>Muebles y enseres</b>			
Área de Calidad	5,000	1	5,000
<b>Total</b>			<b>122,550</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 8.1.2 Evaluación de Costos

Antes de pasar a la parte de costos, se presentará a continuación el flujo de ingresos durante el primer año de producción. Con un total de ingresos anual de 553,000.

Tabla 100 Flujo de Ingresos

### INGRESOS

Cantidad de servicios	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Biodiesel	10,000	12,500	12,500	12,500	15,000	15,000	15,000	16,500	16,500	16,500	16,500	16,500
Glicerina*	1,000	1,250	1,250	1,250	1,500	1,500	1,500	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650

Precios	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Biodiesel	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
Glicerina*	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Cantidad x Precio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Biodiesel	31,000	38,750	38,750	38,750	46,500	46,500	46,500	51,150	51,150	51,150	51,150	51,150
Glicerina*	600	750	750	750	900	900	900	990	990	990	990	990
<b>Ingresos</b>	<b>31,600</b>	<b>39,500</b>	<b>39,500</b>	<b>39,500</b>	<b>47,400</b>	<b>47,400</b>	<b>47,400</b>	<b>52,140</b>	<b>52,140</b>	<b>52,140</b>	<b>52,140</b>	<b>52,140</b>

Fuente: Elaboración Propia



Como se nota en el cuadro se comenzará el primer mes con una baja producción, está ir aumentando en el tiempo hasta llegar a una producción estimada de 16 500. Compensando lo no producido en los primeros meses. El precio del biodiesel producido estará un poco por debajo de su actual precio de mercado y con este precio entraríamos a competir al mercado.

Aparte de ello el sub-producto como la glicerina será vendida a un precio bajo para el actual mercado, con lo cual tenemos un pequeño ingreso extra.

También se contará con un gasto preoperativo el cual servirá para legalizar o poner en regla los procedimientos y las licencias del negocio. Y también por otro lado una suma en publicidad antes de su lanzamiento, lo cual nos ayudará a entrar al mercado de una manera competitiva.

### PRESUPUESTO DE GASTOS PREOPERATIVOS

*Tabla 21 Presupuesto Preoperativo*

Gastos de constitución	600
Licencia de funcionamiento	320
Publicidad	3,000
Capacitación	1,000
<b>TOTAL</b>	<b>4,920</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Ahora comenzaremos con el presupuesto de costos, estos costos están basados en la capacidad de la línea y en los trabajadores de las diferentes áreas para obtener un biodiesel de buena calidad. También se estimó el costo variable de las materias primas, la electricidad consumida y el agua necesaria tanto para el lavado del biodiesel, como para el lavado de las máquinas de la planta.

Finalmente se estima que en promedio se tendrá un costo 36 780 para una producción de soles 15000 L., incluidos los seguros y descuentos del personal de trabajo. Gasto de transporte de personal y/o material necesario para la línea de producción en casos imprevistos.

*Tabla 22 Presupuesto de Costos*

### PRESUPUESTO DE COSTOS MENSUAL

1. Costos Directos	Valor Unitario	Unidades totales	Costo Fijo	Costo Variable
<b>Materia Prima e Insumos</b>				
Aceite Residual (Lt)	0.80	15,000		12,000
Metanol (Lt)	0.85	3,000		2,550
Hidróxidos de Sodio (kg)	18.00	120		2,160
Papel filtro (m2)	10.00	20		200



<b>Mano de Obra</b>				
Jefe de Producción	1,692	1	1,692	
Técnicos	1,269	4	5,076	
Personal de Calidad	1,692	1	1,692	
<b>Total</b>			<b>8,460</b>	<b>16,910</b>
<b>2. Costos Indirectos</b>				
<b>Gastos Administrativos</b>				
Gerente	1,692	1	1,692	
Personal aseo y seguridad	1,269	2	2,538	
Vendedores	1,410	1	1,410	
Contador	300	1	300	
Mantenimiento	350	2	700	
Servicio de Luz	3,000	1	3,000	
Servicio de Agua (m3)	20	50	1000	
Arbitrios	120	1	120	
Impuestos en general	150	1	150	
<b>Total</b>			<b>10,910</b>	
<b>Gastos de Servicio</b>				
Combustible (transporte)	500	1	500	
<b>Total</b>			<b>500</b>	

304,440

147,720

6,000

**Costo Mensual Total 36,780**

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 8.1.3 Análisis Financiero

Aquí en esta parte se verá el flujo económico para hallar el VAN y TIR final.

*Tabla 23 Flujo Económico*

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	122,550					
(Capital de trabajo)	73,560					
Ingresos		553,000	569,590	586,678	604,278	622,406
(Costos directos)		304,440	313,573	322,980	332,670	342,650
(Gastos preoperativos)		4,920				
(Gastos administrativos)		130,920	133,538	136,209	138,933	141,712
(Gastos de servicios)		6,000	6,180	6,365	6,556	6,753
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>106,720</b>	<b>116,298</b>	<b>121,123</b>	<b>126,119</b>	<b>131,291</b>
(Depreciación)		25,570	25,570	25,570	25,570	25,570
<b>UdD</b>		<b>81,150</b>	<b>90,728</b>	<b>95,553</b>	<b>100,549</b>	<b>105,721</b>
(Impuestos)		28,403	31,755	33,443	35,192	37,002
<b>UdDdI</b>		<b>52,748</b>	<b>58,973</b>	<b>62,109</b>	<b>65,357</b>	<b>68,719</b>
Depreciación		25,570	25,570	25,570	25,570	25,570
<b>Flujo Económico</b>	<b>-196,110</b>	<b>78,318</b>	<b>84,543</b>	<b>87,679</b>	<b>90,927</b>	<b>94,289</b>



Esta es la parte que resumen todos los cálculos obtenidos anteriormente, al ser una empresa con línea de producción con maquinaria que se debe de mantener en buen estado se creyó conveniente fijar el tiempo de estudio en 5 años.

Con respecto a la inversión está claro con lo dicho anteriormente. Para el capital de trabajo se precisó ese monto, como si los 2 primeros meses trabajáramos sin ganancia alguna, para prever alguna complicación.

La utilidad bruta en este momento es muy favorable para nosotros, deduciendo la depreciación de la maquinaria nos da un margen de ganancia que luego de pagar los impuestos necesarios (trabajaríamos a la vez con el cierto crédito fiscal por la compra de insumos) obtenemos una ganancia neta de 67 000 soles.

Con una tasa de descuento del 10%, podemos calcular el VAN para saber si la empresa es realmente rentable en el tiempo. Estableciendo el capital de trabajo como el máximo posible que son 2 meses sin ganancia alguna.

Así el VAN que obtenemos es positivo, con lo cual se debe tener la completa seguridad que esta empresa es rentable. Con un VAN de 119 000 soles estamos bien posicionados; tal vez con las condiciones óptimas del mercado y con el continuo crecimiento de las empresas chifleras y con la confianza ganada por su parte, este puede ser mucho mayor de lo calculado en este momento.

También obtenemos un TIR de 33% y recuperaríamos lo invertido en el tiempo de 2 años, haciendo más atractiva la opción de invertir en la empresa.

Finalmente, se comparó con una tesis análoga en la cual el autor propuso un plan para fabricar las maquinas necesarias para la producción deseada por este. En la cual los costos tanto de flete como de impuestos se anulaban, por lo que el costo se veía reducido enormemente.

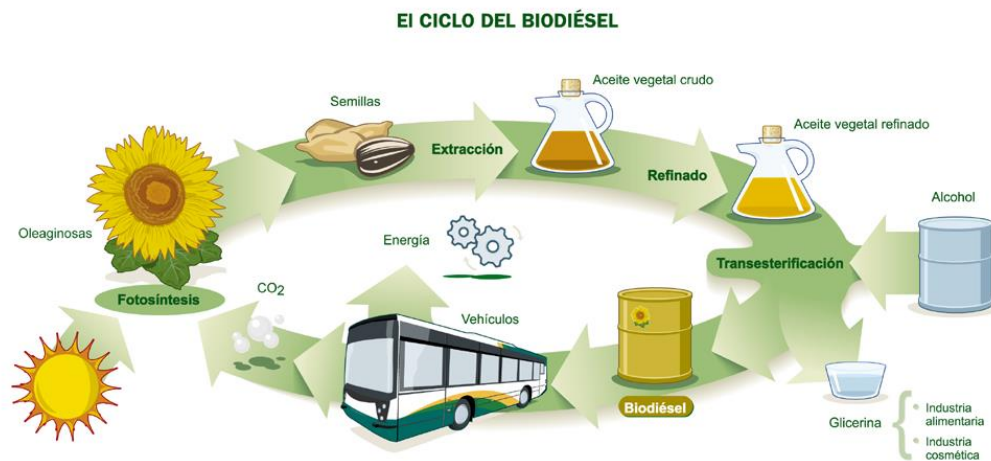
## 8.2 Evaluación Ambiental del Proyecto

Este proyecto se basa en la sostenibilidad de tener un proceso que aporte al medio ambiente pues se basa en reducir de acuerdo con el ciclo del carbono, las emisiones totales que se producen en los motores diésel a nivel local.

En el caso específico de combustibles, el problema recae en la contaminación provocada por la liberación de compuestos gaseosos del carbono como los hidrocarburos en la combustión. Siendo a los que se les debe prestar atención; ya que, los gases de efecto invernadero como el  $CO_2$  son los causantes del aumento de la temperatura en las capas bajas de la atmósfera, mediante la absorción de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre. (Domènech, 2000)



Además, en cuanto al ciclo del biodiesel, éste permite que la captura de  $CO_2$  generado por el biodiesel sea mucho más sencilla y contribuya al medio ambiente (ver *Ilustración 8*). Esto, enmarcado a nuestro proyecto, reducirá la cantidad de diésel de petróleo consumido, produciendo no solo una mejora económica sino reduciendo emisiones de GEI, disminuyendo el aceite residual echado a la alcantarilla o utilizado para otros fines menos ambientales, además de contar con una fuente limpia de energía e independizándose del otro combustible.



*Ilustración 12 Ciclo del Biodiesel*  
*Fuente: Molina C, 2016*

Otro punto muy importante es el hecho que es biodegradable en un 80-88% en 28 días, valor que representa una velocidad cuatro veces mayor que la del gasoil. En cuanto a la toxicidad en el agua es considerado insignificante según la clasificación del Registry of the Toxic Effect of Chemical Substances (Department of Health and Human Services,) (Scheinkerman, 2017)



## ANEXOS

### Anexo 1: Entrevista con chiflería “Keylita”



### Anexo 2: Entrevista con chiflería “El Ayabaquino”







### Anexo 3. Certificado de aprobación de prototipo

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE PROTOTIPO**  
N° 0001-2017

Ejecutada la evaluación experimental por los miembros del equipo del proyecto “Diseño de la línea de producción para la elaboración de biodiesel a partir de aceite residual recolectado de la industria chiflera piurana”, conformado por: Josymar Dassaev Sirlupú Zapata, Chris Mayret Campos Uriarte, Juan Diego Esquivel Chávez, Hermes Augusto Gabriel Delgado Saavedra; al prototipo experimental de biodiesel producido a partir de aceite de fritura residual de las chiflerías; obteniéndose resultados satisfactorios; se determinó aprobar dicho prototipo.

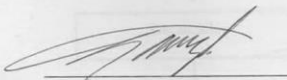
1. Identificación del prototipo:

Producto: Biodiesel  
Materia Prima: Aceite de fritura residual de las chiflerías  
Proceso de obtención: Ver Anexo 1

2. Vigencia del certificado

Este certificado declara la conformidad del prototipo antes citado, representado por las muestras sometidas a evaluación mostradas en el Anexo 2.

Dado en la ciudad de Piura, al día 15 de noviembre del 2017.

  
Dr. Ing. Gastón Cruz Alcedo

Profesor Principal de la Facultad de Ingeniería – Universidad de Piura



## Referencias

- Abad, E., Acosta A., Burgos A. (2013). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE ACEITES DOMÉSTICOS USADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA CIUDAD DE PIURAY CASTILLA*. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1713/PYT\\_\\_Informe\\_Final\\_\\_Biodiesel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1713/PYT__Informe_Final__Biodiesel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Agustian, E. (2012). *PRODUCTION OF BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL USING ULTRASONIC TUBULAR REACTOR*.
- Ampco Peru. (2017). *Ampco Peru*. Obtenido de <http://www.ampcoperu.com/index.php>
- Alibaba. (26 de Octubre de 2017). *Lona de alta densidad*. Obtenido de Alibaba: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/26oz-loomstare-high-density-canvas-fabric-for-filtering-60191455024.html?spm=a2700.8698675.29.51.5a8522d7Uj5KKe>
- Ampco Peru. (2017). *Ampco Peru*. Obtenido de <http://www.ampcoperu.com/index.php>
- Andina. (2008). *Andina*. Obtenido de <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-piura-busca-declaratoria-chifle-como-producto-bandera-nacional-206720.aspx>
- Andina. (15 de Agosto de 2008). *Pure Biofuels inauguró planta que producirá 52 millones de galones de biodiésel por año*. Obtenido de <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-pure-biofuels-inauguro-planta-producira-52-millones-galones-biodiesel-ano-189490.aspx>
- Avellaneda Vargas, F. A. (2010). *PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIODIESEL DE PALMA Y DE ACEITE RECLICADO MEDIANTE UN PROCESO BATCH Y UN PROCESO CONTINUO CON UN REACTOR HELICOIDAL*. Tarragona. Obtenido de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8588/Tesi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BiOils S.A . (2017). *Bioils used cooking oils*. Obtenido de <http://www.bioilslatam.com/nosotros-quienes-somos.php>
- Castro, P., Coello, J., & Castillo, L. (2007). *Opciones para la producción y uso del*. Lima.
- CILSA Perú. (2017). *Compañía Industrial Lima S.A - Protegemos el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.cilsaperu.com/servicios.html>
- Cordano, A. L., Sandoval, R. d., & Jaramillo, F. J. (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*. Lima. Obtenido de [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Documentos\\_de\\_Trabajo/Documento-Trabajo-36.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Documentos_de_Trabajo/Documento-Trabajo-36.pdf)
- Crispin, F. y. (2010). *Bioenergía y seguridad alimentaria "BEFS"*. Roma: The FAO Technical Papers.



- Cunza, H. (06 de Octubre de 2011). *Uso de Biocombustibles en el Perú*. Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/Paginas/ARIAE-2011/uploads/Regulacion-B/Presentacion%20ARIAE%20USO%20DE%20BIOCOMB%2006OCT2011.ppt>
- DePerú.com*. (s.f.). Obtenido de [http://www.deperu.com/tipo\\_cambio/historico/2014/](http://www.deperu.com/tipo_cambio/historico/2014/)
- Diario Gestion. (7 de Enero de 2014). *Producción de aceites vegetales comestibles crecerán 5% este año, según Maximixe*. Obtenido de <http://gestion.pe/economia/produccion-aceites-vegetales-comestibles-creceran-5-este-ano-segun-maximixe-2085540>
- Dirección Regional de Comercio Exterior. (2014). *La Región Piura*. Obtenido de <http://www.regionpiura.gob.pe/documentos/grde/catalogo1.pdf>
- Domènech, X. (2000). *Química atmosférica*. Madrid: Miraguano, S.A.
- ELPIGAZ*. (s.f.). Obtenido de <http://www.elpigaz.com/es/degamix-3/>
- estrategiaweb.com*. (s.f.). Obtenido de <http://www.estrategiaweb.com/index.php/estrategia-de-negocio/analisis-exterior/analisis-del-sector-industrial>
- García, H. (2013). *Matriz energética en el Perú y Energías Renovables*. Perú.
- Gestión*. (13 de Abril de 2017). Obtenido de <https://gestion.pe/economia/sector-agropecuario-crecimiento-18-primer-bimestre-pese-nino-costero-2187431>
- Gómez-Esteban, P. (2013). *El Tamiz*. Obtenido de <https://eltamiz.com/2013/08/15/mecanica-de-fluidos-i-viscosidad/>
- Green Care. (2017). *Green Care*. Obtenido de [http://www.greencareperu.com/01acerca/quienes\\_somos.html](http://www.greencareperu.com/01acerca/quienes_somos.html)
- Heaven Petroleum Operators*. (2017). Obtenido de Grupo HPO - Heaven Petroleum Operators S.A.: <http://www.hpo.pe/hpo/index.php?rule=20:00&id=3>
- Hidrocarburos en el Perú*. (27 de Marzo de 2016). Obtenido de <http://www.loshidrocarburosenelperu.org/2016/03/los-biocombustibles/>
- Indecopi. (26 de Octubre de 2016). *El Indecopi aplica derechos antidumping al biodiésel originario de Argentina*. Obtenido de [https://www.indecopi.gob.pe/inicio/-/asset\\_publisher/ZxXrtRdgbv1r/content/el-indecopi-aplica-derechos-antidumping-al-biodiesel-originario-de-argentina?inheritRedirect=false](https://www.indecopi.gob.pe/inicio/-/asset_publisher/ZxXrtRdgbv1r/content/el-indecopi-aplica-derechos-antidumping-al-biodiesel-originario-de-argentina?inheritRedirect=false)
- Jiménez, N. (26 de Octubre de 2017). Gestión del aceite residual. (J. Samamé, M. Campos, & J. Esquivel, Entrevistadores)
- Keylita. (7 de Octubre de 2017). Gestión del Aceite Residual. (J. Samamé, & J. Esquivel, Entrevistadores)
- MercadoLibre. (15 de 11 de 2017). *Tanque*. Obtenido de MercadoLibre: [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-423270254-tanque-de-agua-1100-lts-azul-3-capas-accesorios-envio-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-423270254-tanque-de-agua-1100-lts-azul-3-capas-accesorios-envio-_JM)



- MercadoLibre. (26 de Octubre de 2017). *Tanque Agitador*. Obtenido de Mercado Libre: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-908205817-tanque-agitador-misturador-em-polipropileno-500-litros-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-908205817-tanque-agitador-misturador-em-polipropileno-500-litros-_JM)
- MercadoLibre. (15 de Noviembre de 2017). *Tanque de Polipropileno*. Obtenido de MercadoLibre: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-813397845-tanque-de-mistura-quimica-fundo-cnico-com-pes-5000l-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-813397845-tanque-de-mistura-quimica-fundo-cnico-com-pes-5000l-_JM)
- MercadoLibre. (15 de Noviembre de 2017). *Termóstato*. Obtenido de MercadoLibre: [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-427594979-resistencia-y-termostato-americano-2000-kw-termo-disc-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-427594979-resistencia-y-termostato-americano-2000-kw-termo-disc-_JM)
- Mercedes. (10 de Octubre de 2017). Gestión del aceite residual. (J. Esquive, Entrevistador)
- MINAGRI. (2014). Obtenido de [http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/vbp\\_enero2014.pdf](http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/vbp_enero2014.pdf)
- MINAGRI. (2015). Obtenido de [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario\\_produccion\\_agricola\\_ganadera2015.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario_produccion_agricola_ganadera2015.pdf)
- Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. (23 de Setiembre de 2017). Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/aceites-cocina/>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM) - Dirección General de Eficiencia Energética. (s.f.). Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1416/02/c2.2.2.xlsx](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1416/02/c2.2.2.xlsx)
- Nunura Loro, J. (2011). *RPP Noticias*. Obtenido de <http://rpp.pe/peru/actualidad/el-chifle-de-piura-se-prepara-para-conquistar-el-mundo-noticia-428502>
- Osinerg. (20 de Abril de 2007). *REGLAMENTO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES*. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-021-2007-EM-CONCORDADO.pdf>
- Palmas. (11 de Noviembre de 2010). *Industrias del Espino inicia producción de biodiesel con moderna planta*. Obtenido de <http://www.palmas.com.pe/palmas/industrias-del-espino-inicia-produccion-de-biodiesel-con-moderna-planta>
- Scheinkerman, E. (15 de 11 de 2017). *Perspectivas de los Biocombustibles*. Obtenido de Google Books: [https://books.google.com.pe/books?id=Zt4qAAAYAAJ&pg=PA120&lpg=PA120&dq=biodiesel+es+biodegradable+a+los+28+dias+en+agua&source=bl&ots=LxySKoU1kN&sig=xwQbQpDezIJe68QfUQjEXN\\_K5tY&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=Zt4qAAAYAAJ&pg=PA120&lpg=PA120&dq=biodiesel+es+biodegradable+a+los+28+dias+en+agua&source=bl&ots=LxySKoU1kN&sig=xwQbQpDezIJe68QfUQjEXN_K5tY&hl=es-)



419&sa=X&ved=0ahUKEwiBuInU4MbXAhWI8CYKHZBGA6MQ6AEIMTAC#v=onepage&q=biod

Tesla. (s.f.). Obtenido de <https://www.tesla.com/energy>

Vásquez, d. I. (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*. Lima.

Zola, M., Barrenzuela, M., Castillo, D., Correa, E., & Rey, J. (2016). *Estudio Experimental de la obtención de biocombustible a partir de la cáscara de plátano y su uso en cocinas acondicionadas de la industrial chiflera en la ciudad de Piura*. Piura.

Palomino, M. E. (31 de Octubre de 2013). *Obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales usados*. Obtenido de [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/2065/Toledo\\_Informefinal\\_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/2065/Toledo_Informefinal_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Palmas. (11 de Noviembre de 2010). *Industrias del Espino inicia producción de biodiesel con moderna planta*. Obtenido de <http://www.palmas.com.pe/palmas/industrias-del-espino-inicia-produccion-de-biodiesel-con-moderna-planta>

Perú Ambiental. (2017). *Perú Ambiental*. Obtenido de <http://www.peruambientalsac.com/nosotros.html>

Posada Duque J., Cardona Alzate C., *Análisis de la refinación de glicerina obtenida como co-producto en la producción de biodiesel Colombia*, Revista De La Facultad De Ciencias Universidad Javeriana 2010 vol:14 fasc: N/A págs: 1.

SÁENZ A. (2005). *Situación y avances del plan nacional de promoción de la palma aceitera*. Lima: Ministerio de Agricultura – Programa para el Desarrollo de la Amazonía. Julio 2005.

Shawn S., Perry D. *Glicerol como ingrediente en las raciones de lácteos*, Department of Animal Sciences, Purdue University, 2010, Recuperado de <http://www.extension.org/pages/25323/glycerol-as-a-feed-ingredient-in-dairy-rations>

Sierra W., Soubes M., *II Seminario Iberoamericano de Energía*, Valorización de glicerol, (2005), Uruguay, Recuperado de <http://ar.yahoo.com/?fr=fptb->

Tesis PUCP. (2007). *Análisis Estrategico de la industria del Biodiesel en el Perú*. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1627/BINDA\\_GUERRA\\_OCA%C3%91A\\_TORRES\\_TRIGOSO\\_INDUSTRIA\\_BIODIESESL.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1627/BINDA_GUERRA_OCA%C3%91A_TORRES_TRIGOSO_INDUSTRIA_BIODIESESL.pdf?sequence=1)

Unam. (2012). Obtenido de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spivst/2012/104-03.pdf>



Universidad de Chile. (2011). *Producción de Biodiesel*. Santiago. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Vásquez, d. I. (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*. Lima.

Whitman Direct Action. (2011). *Whitman Direct Action*. Recuperado el 2013, de [http://www.whitmandirectaction.org/downloads/documents/biodieselguide\(espagnol\). Pdf](http://www.whitmandirectaction.org/downloads/documents/biodieselguide(espagnol).Pdf)

Woloj D. (2011) *Nuevas aplicaciones de la Glicerina un análisis preliminar*, Departamento de ingeniería química de la Universidad de Buenos Aires. Recuperado de <http://www.magatem.com.ar/NUEVAS-APLICACIONES-DE-LA-GLICERINA-UN-ANALISIS-PRELIMINAR.pdf>

Zola, M., Barrenzuela, M., Castillo, D., Correa, E., & Rey, J. (2016). *Estudio Experimental de la obtención de biocombustible a partir de la cáscara de plátano y su uso en cocinas acondicionadas de la industrial chiflera en la ciudad de Piura*. Piura.