



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

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

Edna Abad Medina, Alberto Acosta Palacios,
Ana Burgos Arrascue, Bruno Crisanto
Palacios, Juan Eyzaguirre Yañez, Joaquín
Rivera López

Piura, 28 de noviembre de 2013

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto detalla el análisis y diseño del sistema de recolección y tratamiento de aceites usados para la producción de biodiesel en la ciudad de Piura. Para ello se muestra previamente una base teórica que permita al lector tener un conocimiento a profundidad del tema propuesto y todo lo que implica. Posteriormente se detalla el proceso de determinación de la oferta de aceites usados de cocina, aplicando encuestas a distintos restaurantes de la ciudad.

Con el propósito de respaldar el proceso de obtención de biodiesel, se realizaron pruebas de laboratorio que permitieron el diseño del proceso, detallando las operaciones unitarias y el respectivo diagrama de flujo del proceso.

Con los análisis finalizados se diseñó la planta de tratamiento escogiendo para ello los equipos y materiales recomendados por expertos y siguiendo la normativa desarrollada por el Ministerio de Energía y Minas.

Finalizado el análisis, se analizó la ruta óptima de recolección de aceite de los puntos críticos de la ciudad, detallando para ello el tipo de transporte a usar y los distintos contenedores para la recolección en hogares y locales comerciales. Además se determinó el análisis financiero de la inversión y su viabilidad para inversionistas potenciales.

ÍNDICE

1	Introducción	1
2	Objetivos y Justificación del Proyecto	2
2.1	Objetivos	2
2.1.1	Generales.....	2
2.1.2	Objetivos específicos:.....	2
2.2	Justificación del Proyecto	2
2.2.1	Análisis FODA del biodiesel.....	2
2.2.2	Justificación Geográfica.....	3
2.2.3	Justificación Económica	3
2.2.4	Justificación Social	4
2.2.5	Justificación ambiental.....	4
2.3	Análisis del impacto del proyecto.....	6
2.3.1	Impacto Ambiental.....	6
2.3.2	Impacto Social	7
2.3.3	Impacto Económico	7
3	Marco Teórico.....	8
3.1	Hidrocarburos	8
3.2	Biocombustibles	8
3.2.1	Definición.....	8
3.2.2	Tipos de biocombustibles	8
3.3	Aceite vegetal usado	9
3.4	Biodiesel.....	9
3.4.1	Definición.....	9
3.4.1	Comparación entre las diferentes materias primas	9
3.5	Análisis de subproductos del procesamiento de biodiesel	13
4	Marco Legal.....	14
4.1	Aspectos legales y tributarios relacionados a las actividades de hidrocarburos en el Perú.....	14
4.2	Base Legal – Biocombustibles (biodiesel).....	16
5	Marco técnico	18
5.1	Definiciones previas.....	18
5.1.1	Catalizador	18
5.2	Insumos y catalizadores:	18

5.2.1	Alcohol:.....	18
5.2.2	Metanol:.....	18
5.2.3	Etanol.....	19
5.2.4	Catalizador:	19
5.3	Campo de Aplicación.....	21
5.4	Métodos de ensayo	22
5.5	Técnicas para la producción de biodiesel	29
5.5.1	Transesterificación por catálisis alcalina:	29
5.5.2	Transesterificación con catálisis homogénea básica:.....	30
5.5.3	Transesterificación líquida con catálisis homogénea ácida.....	31
5.5.4	Transesterificación heterogénea catalizada de forma ácida o básica	31
5.5.5	Transesterificación enzimática:.....	33
5.5.6	Transesterificación supercrítica y subcrítica con alcohol.....	34
5.5.7	Transesterificación asistida por microondas	35
5.5.8	Transesterificación asistida por ultrasonido	37
5.6	Equipos utilizados en la producción de biodiesel	38
5.6.1	Tanques de almacenamiento.....	38
5.6.2	Reactores para la transesterificación.....	38
5.6.3	Bombas para transportar los insumos entre los distintos tanques y reactores	39
5.6.4	Malla metálica de filtrado	39
5.6.5	Calentador.....	39
6	Diseño del proceso a escala industrial.....	39
6.1	Objetivos del Estudio	39
6.1.1	Objetivos generales:.....	39
6.1.2	Objetivo específico:	39
6.2	Análisis de la oferta de aceites de cocina usados.....	39
6.3	Diagrama de Flujo del Proceso.....	42
6.3.1	Descripción del diagrama de flujo	43
6.4	Operaciones Unitarias	43
6.5	Evaluación y Selección de Equipos	45
6.6	Gestión de Subproductos	46
6.6.1	Análisis de mercado del glicerol:.....	47
7	Diseño de Planta	48
7.1	Metodología de Estudio:	48

7.1.1	Localización:.....	48
7.1.2	Ubicación:.....	49
7.2	Normativa de Diseño	50
7.2.1	Planta de procesamiento:	50
7.2.2	Disposición de la planta.....	51
7.2.3	Unidades de proceso:.....	52
7.2.4	Servicios y áreas exteriores:.....	52
7.2.5	Equipos y sistemas.....	53
7.2.6	Departamentos y áreas respectivas.....	56
7.2.8	Tabla de inter – relaciones.....	57
	Evaluación de alternativas	64
7.3	MAPRO	65
8	Sistema de Recolección	66
8.1	Metodología del estudio.....	66
8.2	Determinación de Puntos de Recolección	66
8.3	Diseño de la Ruta Óptima.....	67
8.4	Diseño de Contenedores	75
8.5	Análisis del Transporte	77
9	Pruebas de Laboratorio	78
9.1	Objetivos y metodología del estudio	78
9.1.1	Objetivo:	78
9.1.2	Metodología:.....	78
9.2	Materiales, equipos e insumos.....	78
9.2.1	Equipos:	78
9.2.2	Insumos:.....	79
9.3	Experimentación.....	80
9.3.1	Filtración.....	80
9.3.2	Sedimentación.....	80
9.3.3	Determinación de la acidez.....	81
9.3.4	Neutralización.....	81
9.3.5	Evaporación y Transesterificación	81
9.3.6	Filtración.....	82
9.4	Balance de Materia y Energía.....	83
9.5	Análisis de las Operaciones Unitarias.....	84
9.6	Análisis de Resultados	84

10	Análisis financiero	85
10.1	Análisis de la inversión	85
10.2	Análisis del financiamiento.....	86
11	Conclusiones.....	87
13	Referencias.....	89
	Anexo 1: Tríptico informativo	1
	Anexo 2: Procesamiento de datos de encuestas	3
	Anexo 3: Oferta Proyectada.....	5
	Anexo 4: Diseño de la Ruta Óptima de Recolección.....	Error! Bookmark not defined.

1 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)

Observando la realidad de la ciudad metropolitana de Piura se concluye que el crecimiento experimentado en los diferentes sistemas de producción, parque automotor, sector de construcción, entre otros se ha visto reflejado en el aumento de residuos urbanos. (Lizana V. , 2013)

Entre ellos un tipo de residuo urbano particularmente contaminante es el aceite vegetal de cocina usado, que por falta de conocimiento por parte de la población, es desechado a la red de alcantarillado, generando un impacto negativo como la obstrucción de la red alcantarillado y por tanto la contaminación de las aguas. (Eko3r, 2009)

Es por eso que en el presente estudio, se analizará una alternativa de solución, la cual no solo se enfocará en minimizar el impacto que dichos aceites producen, sino que además muestra una propuesta de negocio factible, que brindará amplios beneficios a la ciudad de Piura.

Parte de este estudio consiste en el análisis del vertido aproximado de aceite vegetal usado, del cual se propondrá una ruta de recogido que considere los puntos críticos de vertido de aceites y permita obtener la oferta de aceite vegetal requerido para poder ser usado en una planta de producción de biodiesel.

El estudio continuará con el diseño de la planta de tratamiento para la obtención de biodiesel, el cuál abarcará la selección de equipos, distribución en planta, localización, ubicación y el análisis financiero respectivo donde se muestren las alternativas para el financiamiento del proyecto.

2 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Generales.-

- Analizar y diseñar un sistema de recolección de aceites de cocina usados y una planta de producción de biodiesel a partir del mismo insumo en la ciudad de Piura y Castilla.

2.1.2 Objetivos específicos:

- Determinar el consumo de aceites de cocina usados en la ciudad de Piura y Castilla
- Analizar el consumo de aceites de cocina para diseñar el sistema óptimo de recolección que incluye rutas de recolección y depósito de aceite de cocina usado en la planta.
- Determinar la capacidad de la planta de procesamiento de biodiesel a partir del consumo de aceites de cocina.
- Diseñar la línea de producción de biodiesel a partir de aceites usados.
- Cumplir con los requerimientos de los distintos interesados del proyecto.
- Adquirir experiencia en la gestión de un proyecto.
- Cumplir con los entregables en el plazo establecido.
- Asegurar la calidad de los entregables mediante la revisión constante por parte de expertos.

2.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para desarrollar la justificación del proyecto resulta conveniente desarrollar en primer lugar el análisis FODA del biodiesel a partir de aceite usado en el Perú, para luego presentar la justificación geográfica, económica, social y ambiental.

2.2.1 Análisis FODA del biodiesel

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">➤ No es fuente de emisiones de CO₂ y azufre.➤ Sustituto orgánico del diésel n°2➤ Producto renovable y biodegradable.➤ Mínimos riesgos de almacenaje, manipulación y transporte.➤ Tecnología desarrollada y aplicable en varios países, tales como España y argentina.➤ Bajos costos en inversión e implementación	<ul style="list-style-type: none">➤ Oferta insuficiente de biocombustible a nivel nacional y demanda creciente.➤ Política de libre mercado aplicable a los combustibles.➤ Apoyo del gobierno para la industria del biodiesel.➤ Escases de petróleo en el Perú. Sociedad consciente sobre el calentamiento mundial.➤ Estabilidad política y económica.➤ Existencia de mercado de subproductos.➤ Aumento del parque automotor en el Perú.

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo posicionamiento del producto en el mercado ➤ Industria de producción de biodiesel a partir de aceite usado poco desarrollada en Perú. ➤ Insuficiente investigación y desarrollo. ➤ Falta de instrumento de laboratorio adecuado para control de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Instituciones ambientalistas () en oposición a los biocombustibles. ➤ Poder de los principales productos de combustibles fósiles

Tabla 1: Análisis FODA

2.2.2 Justificación Geográfica

Implementar la planta de producción de biodiesel no conllevaría a la adquisición de un área considerable de terreno, debido a que la instrumentación y maquinaria requerida no es de gran extensión.

La ciudad de Piura cuenta con espacio en su zona industrial donde puede ser instalada la planta sin contratiempos. El clima cálido evita el daño en los equipos utilizados en el proceso de transesterificación, a la vez que los procesos de pretratamiento y propios del procesamiento del aceite para la producción de biodiesel que normalmente requieren un precalentamiento del insumo a aproximadamente 30°C, ya no necesitarían de esto al encontrarse a dicha temperatura gracias al calor del ambiente, mientras que los equipos que requieren temperaturas más altas de trabajo requerirán menor energía para llegar a sus temperaturas respectivas. Cabe mencionar que el sobrecalentamiento de equipos no es un problema en el proceso de obtención de biodiesel puesto que las temperaturas no son muy altas (40-60°C) y las tolerancias de dichas máquinas es mayor a dicho rango de temperaturas.

El alto grado de centralización de la ciudad de Piura y Castilla también es un factor crucial que justifica la instalación de una planta de procesamiento de biodiesel a partir de aceites vegetales usados, pues el hecho de tener una gran cantidad de negocios de alto consumo de dichos aceites juntos en ciertas zonas críticas de la ciudad, permite que el sistema de recolección sea óptimo. (Lizana D. I., 2013)

2.2.3 Justificación Económica

El gran reto económico para la comercialización de biodiesel es el alto costo de los aceites vegetales puros, representando alrededor del 70% y 85% del costo total de producción. Este problema se ve resuelto con la elaboración de biodiesel a partir de aceites vegetales usados, pues se reduce el costo directo de producción hasta en un 45%, aun cuando se consideran los costos extra por pretratamiento. La disponibilidad de aceites puros vegetales para la elaboración de biodiesel es limitada debido a la competencia que existe con el mercado de aceites comestibles y su consecuente incremento en el precio. Todo esto se ve solucionado usando aceites de cocina usados como insumo principal. (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013)

Además se debe considerar que no solo la limitada disponibilidad de aceites puros vegetales hace atractivo el uso de aceites de cocina usados, sino que además la fluctuación del precio del petróleo (producto sustituto), generalmente al alza, resulta inevitable, lo que hace al mercado de biocombustibles aún más atractivo desde el punto

de vista económico, a la vez que acentúa los inconvenientes generados por la importación de hidrocarburos al país. (La Republica, 2012)

Como dato importante, cabe mencionar que la demanda de biocombustibles en el Perú no es suplida por la oferta nacional actualmente, por lo que el problema de importación de biocombustibles mencionado se acentúa en nuestro país. Ante esto, la producción de biodiesel a partir de aceites usados de cocina, sería una manera de acercarnos cada vez más a la meta de suplir la demanda interna de biocombustibles. (Villacorta, 2013)

2.2.4 Justificación Social

Actualmente se siembran diferentes tipos de plantas aceiteras para la producción de biodiesel, ocasionando esto la inseguridad alimenticia por parte de las familias en la sociedad, pues se da prioridad a la siembra de estas plantas y se reducen los cultivos de otros importantes para la producción nacional. Las personas se ven afectadas con este problema, pues al escasear el cultivo de algodón, arroz, entre otros, los precios de mercado aumentan con la consecuente disminución del poder adquisitivo de la población. Esto se soluciona usando el aceite vegetal usado como insumo para la obtención de biodiesel.

Esta alternativa de solución además no requiere una gran cantidad de agua (se elimina el requerimiento de agua para la siembra de plantas para la obtención del aceite y se usa como insumo el aceite usado de cocina), recurso fundamental en el caso de utilizarse aceite virgen de plantas para la producción del biodiesel.

La planta de biodiesel que será diseñada, generará además puestos de trabajo, brindando oportunidad a pobladores de ambas ciudades para progresar y obtener una mejor calidad de vida. (Lizana D. I., 2013)

2.2.5 Justificación ambiental

Estudios de la "National Biodiesel Board" (Asociación que representa la industria de biodiesel en EE.UU.) muestra que la combustión de biodiesel emite en promedio, 48% menos monóxido de carbono, 47% menos material particulado (absorbido luego por los pulmones) y 67% menos hidrocarburo al ambiente que el diésel N°2. Además la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales puros causa un grave impacto negativo en el medio ambiente, pues requiere de amplias extensiones de terreno para las plantaciones necesarias. (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013)

Las principales ventajas de usar biodiesel son su renovable mejor calidad de emisiones de escape, su biodegradabilidad y la presencia de carbono orgánico en su origen fotosintético. No contribuye en la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, y consecuentemente tampoco al efecto invernadero. El biodiesel contribuye a una reducción en las principales emisiones resultantes de combustibles derivados del petróleo con excepción en la emisión de NOx. Para evitar dicha emisión se pueden agregar aditivos adicionales al compuesto final. (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013)

En la actualidad existen muchas fuentes de energía renovable para resolver el problema energético del Perú y minimizar la dependencia del exterior. (FONAM, s.f.)

Desde entonces una serie de países se han dedicado a la producción de biodiesel los cuales se puede apreciar en la siguiente tabla:

Categorías	Países productores	Millones de litros anuales
Categoría 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Brasil. ✓ E.E.U.U. ✓ Alemania. ✓ Argentina. ✓ España. 	1000-15000
Categoría 2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Francia. ✓ Italia. 	500-1000
Categoría 3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ China. ✓ Austria. ✓ Dinamarca. 	100-500
Categoría 4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eslovaquia. 	50-100
Categoría 5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Republica checa. 	1-50

Tabla 2: Oferta de biodiesel actual

Fuente: (Ecologismo, 2013)

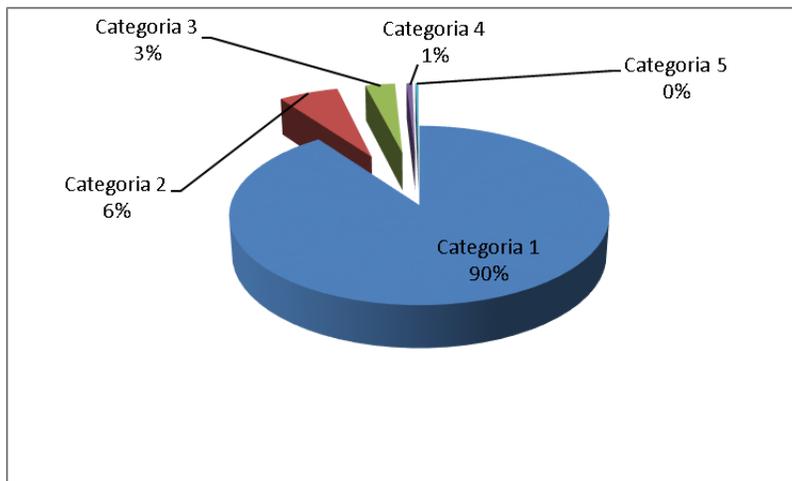


Gráfico 1: Gráfico de torta de la oferta de biodiesel

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ecologismo, 2013)

Los países mencionados en la tabla 2 utilizan miles de hectáreas para sembrar diferentes tipos de plantas aceiteras (jatropha, palma, soya, girasol, piñón entre otros) por lo tanto estas empresas demandan grandes tamaños de terrenos y volúmenes de agua.

La utilización del biodiesel a partir de aceites reciclados como combustible alternativo contribuye a la preservación del medio ambiente y a la reducción de emisiones que causan el efecto invernadero. (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013) Además se elimina por completo la tala de bosques que se realiza con el fin de reemplazar esos terrenos por monocultivos. Esta actividad conjunta puede traer consecuencias más devastadoras que el uso de los combustibles fósiles. (Ecologismo, 2013)

2.3 ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1 Impacto Ambiental

A pesar de que la producción de biodiesel sigue siendo reducida en el contexto de la demanda total de energía, sí resulta significativa en lo que respecta a los niveles actuales de producción de biocombustibles.

Deben reconocerse las posibles implicaciones medioambientales de su continuo crecimiento. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es, por ejemplo, uno de los objetivos explícitos de algunas medidas reglamentarias de apoyo a la producción de biodiesel. La producción agrícola, cuando el biodiesel proviene de estas fuentes, provoca en general ciertos efectos negativos inesperados en la tierra, el agua y la biodiversidad que resultan especialmente preocupantes en relación con los biocombustibles. La magnitud de estos efectos depende de la manera en que se producen y se procesan las materias primas para biocombustibles, de la escala de la producción y, especialmente, del modo en que influyen en el cambio del uso de la tierra, la intensificación y el comercio internacional. De esta manera, se examina las repercusiones del biodiesel sobre el medio ambiente. (FAO, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades, 2008)

Hasta hace poco tiempo, muchas autoridades legisladoras asumían que la sustitución de los combustibles fósiles por combustibles obtenidos a partir de biomasa tendría unos efectos importantes y positivos sobre el cambio climático mediante la generación de unos niveles menores de gases de efecto invernadero, contribuidores al calentamiento global. Los biocultivos pueden reducir o compensar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la eliminación directa del dióxido de carbono del aire a medida que crecen y lo almacenan en la biomasa y el suelo. Además de los biocombustibles, muchos de estos cultivos generan productos complementarios como proteínas para la alimentación animal, y ahorran así la energía. (FAO, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades, 2008)

A pesar de estos posibles beneficios, los estudios científicos han mostrado que las compensaciones de gases de efecto invernadero varían en gran medida de acuerdo con cada biocombustible en comparación con el petróleo. (FAO, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades, 2008)

En este sentido, bajo una óptica global, la utilización del biodiesel como un sustituto del gasóleo presenta importantes ventajas del tipo ambiental (INERCO, 2007):

Está prácticamente exento de azufre, por lo que no contribuiría a la formación de lluvia ácida. Su combustión en vehículos de motor reduce significativamente las emisiones de CO. No está clasificado como sustancia peligrosa. Tiene un punto de inflamación superior a 120° C. Es biológicamente degradable, en un 99.6% en 21 días. (FAO, Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades, 2008)

2.3.1.1 Aspectos ambientales sobre la instalación de plantas de Biodiesel

En general, se puede afirmar que el proceso de producción de Biodiesel ocasiona escasos impactos ambientales sobre el entorno donde se ubican las instalaciones de producción. Este hecho deriva del origen renovable de la materia prima (aceite usado).

Las emisiones generadas durante el proceso corresponden principalmente con las ocasionadas en las instalaciones auxiliares para generar la energía térmica del proceso.

Para una producción estimada de 200 00 Ton/año, se estima que puede requerirse una potencia térmica de unos 15 – 20 MW; y si llegara a utilizarse gas natural como combustible, las emisiones de SO₂ son prácticamente inexistentes. (INERCO, 2007)

Con respecto a la emisión de efluentes líquidos es poco significativa, tanto desde el punto de vista del caudal como de la carga contaminante. El efluente de la preparación de los aceites para su conversión a biodiesel, se corresponde fundamentalmente con agua y fosfátidos¹ y, debido al origen natural de los aceites, no contiene sustancias dañinas para el medio ambiente como metales o compuestos orgánicos peligrosos.

Los principales residuos generados durante el proceso, son tierras agotadas empleadas en la etapa de filtración de aceite; y en cantidades poco significativas, se generan lodos aceitosos, de depuración o residuos de limpieza. (INERCO, 2007)

2.3.2 Impacto Social

La producción de biodiesel trae consigo una serie de implicaciones sociales. En primer lugar, el fomento de esta industria necesitará de mano de obra calificada, y por lo tanto, la necesidad de emplear a aquellas personas con estudios técnicos o universitarios. De esta manera, incrementaría la empleabilidad dentro del sector secundario, incrementando la tasa de empleos en el país y específicamente en la zona de influencia directa del proyecto.

En segundo lugar, la producción de biodiesel a partir de aceite usado, no conllevaría ninguna clase de objeción por parte de organismo pro ambientalistas o socialistas, quienes podrían contrarrestar los beneficios de implementar esta tecnología aduciendo que se emplean terrenos agrícolas.

Por último, la recolección de la materia prima fomentaría en la sociedad una cultura de reciclaje. (Binda, Guerra, & Torres, 2007)

2.3.3 Impacto Económico

El nuevo escenario mundial es importante para un país como Perú, que tiene un comercio exterior muy dependiente de las materias primas tanto en lo relacionado con la exportación de granos, oleaginosas y alimentos como con la importación –creciente– de combustibles.

Entre los principales efectos se pueden citar, con un grado de incertidumbre aún, los siguientes:

Caída de las importaciones y, consecuentemente, baja de las exportaciones de naciones líderes como Estados Unidos y Alemania y efectos sobre el comercio mundial.

No se vería afectado el precio internacional de los combustibles, dado que la producción de biodiesel en el Perú no sería significativa, en comparación con los grandes exportadores como Estados Unidos.

¹Se trata de un compuesto de fosfolípidos. Se produce de forma industrial mediante la fosforilación de ácidos grasos comestibles, en un proceso que se denomina específicamente: *glicerólisis*.

La suspensión de nuevas obras energéticas será una señal a favor de los biocombustibles, pero, este escenario es aún utópico, debido a la poca inversión en materia energética en el Perú que permita sustituir holgadamente la producción tradicional. (Binda, Guerra, & Torres, 2007)

3 MARCO TEÓRICO

En ésta sección se describe la base teórica requerida para que el lector comprenda con facilidad el presente estudio. Primero se describen los términos más relevantes y de uso frecuente, luego se procede a mostrar cuadros comparativos entre los distintos posibles insumos para la producción de biodiesel, posteriormente se presentará un análisis de las ventajas y desventajas del uso de aceite usado de cocina como insumo para dicho proceso, y finalmente se presentará un análisis de los subproductos obtenidos del proceso.

3.1 HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son todo compuesto orgánico, gaseoso, líquido o sólido, que consiste principalmente de carbono e hidrógeno. Se pueden encontrar en estado líquido (denominado comúnmente con el nombre de petróleo) como en estado gaseoso (gas natural). Así es como estos hidrocarburos constituyen una actividad económica de primera importancia a nivel mundial, pues conforman los principales combustibles fósiles, además sirven de materia prima para todo tipo de plásticos, ceras y lubricantes. (Ministerio del Ambiente, 2012)

3.2 BIOCOMBUSTIBLES

3.2.1 Definición

Los biocombustibles son recursos energéticos procesados por el ser humano a partir de materias producidas recientemente por seres vivos, a las cuales se les denomina "biomasa". Pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos, y su finalidad última es liberar la energía contenida en sus componentes químicos mediante una reacción de combustión. Existen varios tipos de biocombustibles, a los cuales se les clasifica de acuerdo al insumo o materia prima y a la tecnología empleada para producirlos. (Álvarez Maciel, 2011)

3.2.2 Tipos de biocombustibles

- **Bioetanol:**
El bioetanol es un alcohol que se produce a través de la fermentación de distintos tipos de materias primas tales como los cereales, maíz, trigo y cebada al igual que cultivos con alto contenido de azúcares como la caña de azúcar o la remolacha. (Fgroup, 2009)
- **Biodiesel:**
El biodiesel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales; limpias o usadas, mediante procesos industriales de transesterificación. (Castillo, 2009)

- **Biogás:**

El biogás es un combustible generado por una mezcla de gases cuyos principales componentes son el metano y el bióxido de carbono, el cual se produce como resultado de la fermentación de la materia orgánica en ausencia del aire, por la acción de un grupo de microorganismos. (FAO, Manual de Biogas, 2010)

3.3 ACEITE VEGETAL USADO

Se entiende por Aceites Vegetales Usados (AVUs) a los provenientes, en forma continua o discontinua, de todo establecimiento que genere, produzca, suministre, fabrique y/o venda aceites comestibles que han sufrido un tratamiento térmico de desnaturalización en su utilización, cambiando así las características fisicoquímicas del producto de origen. (Agencia de Protección Ambiental, s.f.)

3.4 BIODIESEL

3.4.1 Definición

La designación biodiesel fue introducida por primera vez en Estados Unidos en el año 1992 por la “National Soy Diésel Development Board”, pionera en la comercialización de biodiesel en dicho país. El biodiesel puede ser usado intercambiamente con el diésel debido a sus propiedades similares. Además emite menos gases tóxicos, es renovable, biodegradable, no tóxico, y es esencialmente libre de azufre y aromas. En términos químicos el biodiesel está hecho de ésteres metilcetonas de ácidos grasos, que pueden ser producidos de diferentes lípidos, a través de la transesterificación. (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013)

El biodiesel es un combustible que puede ser usado en cualquier maquinaria diésel. Este combustible es producido por un proceso llamado transesterificación. Este proceso requiere metanol, soda o potasa cáusticas y algo de agitación para producir biodiesel y el extremadamente útil producto secundario que es la glicerina. El biodiesel puede ser producido en una variedad de ambientes y procesadores. Puede ser derivado de diversos de aceites y grasas. (Direct, 2010)

El biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de cultivos oleaginosos, de grasas animales y de aceites y grasas recicladas. Entre algunas semillas que se emplean como insumo para la obtención de este biocombustible son: la semilla de colza, soya, jatropha, girasol, y cártamo. También se emplea sebo de animal y en otros casos aceite reciclado. (Fgroup, 2009)

El precio de un barril de biodiesel en el mercado actual asciende a .

3.4.1 Comparación entre las diferentes materias primas

3.4.1.1 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.

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 atractivo, desde el punto de vista del agricultor, para elegir este cultivo como fuente de obtención de biocarburantes. (BiodiSol, 2009)

3.4.1.2 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)

3.4.1.1 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)

3.4.1.2 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)

3.4.1.3 Cuadro comparativo

A continuación se muestra un 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

Materia Prima	Rendimiento	Temperaturas	Ventaja	Desventaja
				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.

Tabla 3: Cuadro comparativo

Fuente: Elaboración propia con datos de (Binda, Guerra, & Torres, 2007)

3.4.1.4 *Ventajas y desventajas de la producción de biodiesel a partir de aceites usado*

La utilización del biodiesel, como producto sustituto o aditivo para el diésel, tiene diversas ventajas y limitaciones, las mismas que pueden agruparse de acuerdo al efecto que causan en: técnicas; socioeconómicas; ambientales; de seguridad, almacenamiento y transporte. (Binda, Guerra, & Torres, 2007)

VENTAJAS		DESVENTAJAS	
TÉCNICAS			
1. Mínimas diferencias en potencia y consumo de los motores.	2. Mayor lubricidad (favorece el funcionamiento de los componentes del motor).	3. El motor diésel no requiere ser modificado (sólo cambio de empaques y jebes).	4. Su utilización sustitutiva no demanda modificaciones de la infraestructura de distribución y venta de combustibles líquidos ya instalada.
5. Problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0°C).	6. Incompatible con una serie de plásticos y derivados del caucho natural (eventual sustitución de algunos componentes del motor: mangueras, juntas, sellos, diafragmas, partes de filtros y similares).		
SOCIO-ECONOMICAS			
1. Viabiliza el autoabastecimiento de combustible al productor agropecuario (en términos de microeconomía).	2. Reduce la dependencia de los países agroproductores, del abastecimiento de combustibles	1. Alta dependencia del costo de las materias primas.	2. Sus costos aún pueden ser más elevados que los del combustible diésel, de acuerdo con la fuente de aceite utilizado en su elaboración.
		3. Generación de un subproducto	

VENTAJAS	DESVENTAJAS
fósiles por parte de los países productores de petróleo. 3. Fuente potencial de nuevos puestos de trabajo.	(glicerina) cuya purificación a grado técnico sólo es viable para grandes producciones
AMBIENTALES	
1. Alta biodegradabilidad, comparable a la de la dextrosa ² . 2. No contiene azufre. 3. No contribuye a aumentar las emisiones de carbono al ambiente. 4. Energía de fuente renovable. 5. Permite reducir la contaminación que genera el vertido de los residuos aceitosos en las alcantarillas y los desagües pluviales. (Retena, 2008)	1. Los productores de materia prima pueden recurrir a la deforestación para obtener tierras cultivables. 2. Grandes extensiones de monocultivos de materia prima puede afectar el equilibrio ecológico de la zona seleccionada. 3. Emisiones de NOx (óxidos de nitrógeno).
SEGURIDAD, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	
1. Transporte y almacenamiento más seguros dado el alto punto de inflamación (150°C). 2. Reduce peligro de explosiones por emanación de gases durante el almacenamiento.	1. Escasa estabilidad oxidativa, absorbe el agua del ambiente (vida útil/período máximo de almacenamiento inferior a seis meses). 2. Requiere una planificación exacta de su producción y expedición.

Tabla 4: Cuadro de ventajas y desventajas

3.5 ANÁLISIS DE SUBPRODUCTOS DEL PROCESAMIENTO DE BIODIESEL

La glicerina o glicerol (Propanotriol) es un subproducto de la elaboración del biodiesel.

En su estado puro es un líquido incoloro, inodoro, viscoso y no tóxico, con un sabor muy dulce y tiene, diversos usos, como por ejemplo: en la fabricación de humectantes, lubricantes, cosméticos, industrias de alimentos y tabacaleras.

A pesar de tal diversidad de usos, el exceso de glicerina en el mercado mundial ha provocado una caída en su precio y se ha creado la necesidad de buscarle nuevas aplicaciones o su transformación en productos de mayor valor agregado. (UNC, 2011)

Por ejemplo, en un estudio de investigación llevado a cabo por la Universidad Nacional de Colombia, sobre el valor de la glicerina y su posterior industrialización al combinarla con un derivado de aceite de palma, se obtuvo una concentración del producto del 68 al 70%, pureza mayor a la del producto comercial actual que se encuentra entre un 40 a 60%. Otra ventaja del proceso propuesto por los investigadores con respecto del utilizado industrialmente es el manejo de las temperaturas de 40°C en lugar de 200°C, logrando una disminución considerable en los gastos energéticos. (UNC, 2011)

² Forma de glucosa.

El proceso de investigación incluyó un análisis previo de estabilidad de enzimas en varios solventes orgánicos a diferentes temperaturas, que permitió elegir la lipasa (o enzima) más adecuada para el estudio de la reacción.

Las enzimas son producidas por los organismos vivos para acelerar o catalizar algunas funciones metabólicas como la digestión de alimentos. Dentro de las enzimas, las lipasas se especializan en transformar grasas y aceites.

Así mismo, la disponibilidad de glicerina, aceite de palma y oleína permite prever que la producción de monoglicéridos que utilicen esas materias primas es una oportunidad de aprovechamiento de valor agregado para el sector palmero, productores de biodiesel y otras industrias como la alimenticia.

Actualmente la investigación continúa desarrollándose donde se utilizan reactores de mayor tamaño con el fin de lograr una purificación del material hasta grado comercial. En este punto, y con el correspondiente estudio financiero, se podría vender la tecnología a empresarios o se estaría en capacidad técnica de comenzar una nueva empresa. (UNC, 2011)

Por otra parte, la glicerina procedente del proceso de transesterificación de aceites vegetales usados es normalmente de color marrón oscuro debido a que contiene la mayor parte de sustancias que no son transesterificables y que están presente en la materia prima de partida tales como pigmentos, materia orgánica (restos de comida), etc., ácidos grasos libres, mono, di y triglicéridos y restos de catalizador, alcohol y agua.

La recuperación de la glicerina en el proceso de transesterificación es importante, debido a sus varios usos industriales (Detergentes, Química fina, Tabaco, Materiales plásticos, Productos farmacéuticos, Cosmética, Explosivos, Alimentación) y a la repercusión económica que ocasionaría su venta.

La glicerina se obtiene en el proceso de transesterificación y es separada fácilmente del éster mediante decantación, requiriéndose antes de su utilización un proceso de purificación para conseguir la calidad adecuada a su futura aplicación.

El otro subproducto que se obtiene dentro del proceso de producción de biodiesel son las sales que dependiendo del proceso pueden ser: sulfatos, fosfatos o cloruros, de sodio o de potasio. Estas sales se utilizan como abono. (Ulma, 2012)

4 MARCO LEGAL

4.1 ASPECTOS LEGALES Y TRIBUTARIOS RELACIONADOS A LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS EN EL PERÚ

Las leyes norman las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional, en el cual el estado promueve el desarrollo de las actividades de hidrocarburos sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica con la finalidad de lograr el bienestar de la persona humana y el desarrollo nacional.

Se crea el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERGMIN), con el fin de fiscalizar, a nivel nacional, el cumplimiento de las disposiciones legales y técnicas

relacionadas con las actividades de los subsectores de electricidad e hidrocarburos, así como el cumplimiento de las normas legales y técnicas referidas a la conservación y protección del medio ambiente en el desarrollo de dichas actividades.

La ley de actualización en hidrocarburos, dispone que los contratos de licencia y de servicios para la exploración y explotación de hidrocarburos, y otras modalidades de contratación autorizadas por el Ministerio de Energía y Minas, se aprobarán por Decreto Supremo refrendado por los Ministros de Economía y Finanzas y de Energía y Minas, en un plazo no mayor de sesenta días de iniciado el trámite de aprobación ante el Ministerio de Energía y Minas por la entidad contratante.

Toda acción u omisión que impide incumplimiento a las leyes, reglamentos y demás normas bajo el ámbito de competencia del OSINERGMIN constituye infracción sancionable, dicha infracción será determinada en forma objetiva y sancionada administrativamente, de acuerdo a la escala de Multas y Sanciones del OSINERGMIN, aprobada por el Consejo Directivo; la cual podrá contemplar, entre otras, penas pecuniarias, comiso de bienes, internamiento temporal de vehículos, cierre de establecimientos y paralización de obras.

El OSINERG dispone el retiro de las instalaciones, paralización de obras, suspender definitiva o temporalmente las actividades que se realicen en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, que no se encuentren debidamente autorizadas de acuerdo a la legislación vigente o de presumirse peligro inminente para la salud de la población o riesgo grave para el medio ambiente.

Existe una ley que regula el contenido de azufre en el combustible Diésel con la finalidad de salvaguardar la calidad del aire y la salud pública, en la cual se estableció que a partir del primero de enero de 2010 queda prohibida la comercialización para el consumo interno de combustible diésel cuyo contenido de azufre sea superior a las 50 partes por millón por volumen. Por ello a partir del primero de 2008 se determinó el Impuesto Selectivo al Consumo a los Combustibles introduciendo el grado de nocividad de contaminantes que estos contengan para la salud de la población, por tal efecto el Ministerio de Economía y Finanzas en coordinación con el Consejo Nacional del Ambiente- CONAM, aprueban anualmente los índices de nocividad relativa que se utilizan, ello se deberá realizar de forma gradual hasta el primero de enero de 2016 como máximo.

Los combustibles Diésel N°1 y N°2 con niveles de concentración de azufre superiores a 2500 ppm no pueden ser importados por ley, y además la venta de dichos combustibles con un contenido de azufre mayor a 5000 ppm se encuentra restringida en el país. El incumplimiento de lo mencionado será sancionado por la OSINERGMIN

En el Perú se expende actualmente DB2 (Diésel B2) y DB5 (Diésel B5) en grifos, mientras que para consumidores directos se encuentran disponibles presentaciones de DB20 (Diésel B20) y B100 (Biodiesel puro).

En la siguiente tabla se muestra en detalle las leyes previamente citadas, según lo dictado por el MINEM:

Nombre	Descripción Breve	Linkografía
Ley N° 26221	Ley orgánica de hidrocarburos. La cual norma las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional.	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/leyorganica.PDF
Decreto Supremo N° 042-2005-EM	En el cual se decreta la aprobación del texto único ordenado de la ley N° 26221	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/normas_legales/ds%20048-2009.pdf
Ley N° 26734	Ley del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/l26734.pdf
Ley N° 27377	Ley de actualización de hidrocarburos	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/ley27377.pdf
Decreto Supremo N° 045-2008-EM	Aprueban el Reglamento del Artículo 11 del texto Único Ordenado de la Ley Orgánica de Hidrocarburos	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/ds045-2008.pdf
Ley N° 26817	Modifica la Décimo Primera Disposición complementaria de la Ley N° 26734, en la parte que se refiere al inciso. g) del art. 6° de la Ley N° 26221.	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/l26817.pdf
Ley N° 27699	Ley Complementaria de Fortalecimiento Institucional del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG)	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/ley27699.pdf
Ley N° 26225	Ley de Organización y Funciones de PERUPETRO S.A.	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/leyorganizacion.pdf
Decreto Ley N° 43	Ley de la Empresa Petróleos del Perú (PETROPERU)	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/dl043.pdf
Ley N° 28054	Ley de promoción del mercado de Biocombustibles	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/l28054.pdf
Ley N° 28144	Ley que modifica la Ley del impuesto general a las ventas e impuesto selectivo al consumo	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/l28144.pdf
Ley N° 28694	Ley que regula el contenido de azufre en el combustible Diésel.	http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/ley28694.pdf

Tabla 5: Aspectos legales y tributarios relacionados a actividades de Hidrocarburos

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio de Energía y Minas)

4.2 BASE LEGAL – BIOCOMBUSTIBLES (BIODIESEL)

A continuación se muestra un resumen del contexto legal en el que se enmarca la producción de biodiesel para el mercado de hidrocarburos del Perú:

Existe establecida una ley para promover el desarrollo del mercado de los biocombustibles sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad

económica, con el objetivo de diversificar el mercado de combustibles, fomentar el desarrollo agropecuario y agroindustrial, generar empleo, disminuir la contaminación ambiental.

El Decreto Supremo N° 021-2007-EM otorga la base de normalización de la comercialización de biocombustibles en el país. Además la calidad de los mismos se encuentra normada por resolución ministerial, no solo en cuanto a su composición, sino también en cuanto a los métodos de obtención y ensayo.

La siguiente tabla detalla lo previamente expuesto, a la vez que muestra los decretos y leyes que proporcionan la base legal nacional para el mercado de biocombustibles en el ámbito nacional.

Nombre	Descripción breve	Linkografía
Ley 28054	Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Biocombustibles/Ley%2028054.pdf
Decreto Supremo N°013-2005-EM	Aprobación de la ley N° 28054	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Biocombustibles/Decreto%20Supremo%20No%20013-2005-EM.pdf
Decreto Supremo N° 021-2007-EM	Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, modificado por los siguientes decretos supremos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Decreto Supremo N° 064-2008-EM ○ Decreto Supremo N° 091-2009-EM ○ Decreto Supremo N° 061-2010-EM ○ Decreto Supremo N° 024-2011-EM 	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Biocombustibles/Decreto%20Supremo%20No%20021-2007-EM.pdf
Resolución Ministerial N° 165-2008-MEM-DM	Se establecen disposiciones relativas a la calidad y métodos de ensayo para medir las propiedades de los combustibles Diésel B2, Diésel B5, y Diésel B20.	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Biocombustibles/Resolucion%20Ministerial%20No%20165-2008-DM.pdf
Resolución del Director Ejecutivo N° 014-2007	Aprobación de directivas “Lineamientos del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles- PROBIOCOM”	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/normas_legales/rd014-2007.pdf
R.D. N° 243-2008-EM/DGH	Establecen período de transición durante el cual los agentes del mercado que no cuenten con autorizaciones para recibir, almacenar, despachar, transportar y comercializar Diésel 2, puedan recibir, almacenar,	http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/normas_legales/rd243-2008.pdf

Nombre	Descripción breve	Linkografía
	despachar, transportar y comercializar Diésel B2, y los autorizan a mezclar progresivamente existencias de Diésel 2 con Diésel B2.	

Tabla 6: Base legal de Biocombustibles

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio de Energía y Minas)

5 MARCO TÉCNICO

Las especificaciones técnicas para Biodiesel B100 están establecidas en las Normas Técnicas Peruanas aprobadas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI. En tanto, éstas no sean aprobadas se aplicarán las normas técnicas internacionales correspondientes para el Biodiesel B100 la ASTM D 6751-06 en sus versiones actualizadas. (Osinermin, 2007)

5.1 DEFINICIONES PREVIAS

5.1.1 Catalizador

El término catálisis agrupa al conjunto de procedimientos y conocimientos que permiten que la velocidad con la que transcurre una reacción se incremente. (Biblioteca Digital ILSE, s.f.)

5.2 INSUMOS Y CATALIZADORES:

5.2.1 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)

5.2.2 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 CH₄O / CH₃OH. (Insht)

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°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)

5.2.3 Etanol

El etanol es un compuesto químico conocido de igual manera como alcohol etílico, se encuentra en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro, volátil, con un olor característico, sabor picante e inflamable, con un punto de ebullición de 78.4°C. Su fórmula molecular química es C_2H_6O , CH_3CH_2OH . (Unam, Hoja de Seguridad XII de Etanol)

El usar el etanol requiere de menores medidas de seguridad ocupacional, pero sí de seguridad contra incendios. La desventaja de su uso para producir biodiesel es que es mucho menos reactivo que el metanol, y la transesterificación se ve afectada por cualquier cantidad de agua presente en los insumos. Por ello se requiere que el etanol utilizado tenga una pureza superior al 99%, y que los otros insumos (aceite y catalizador) sean de muy alta pureza también. Es por esto que en la mayoría de plantas de producción de biodiesel aún se utiliza metanol pese a su toxicidad.

El etanol, proviene de materias primas renovables: caña de azúcar, remolacha azucarera, papa, otros vegetales celulósicos, etc.

Una de las variables más importantes que afectan el rendimiento de la transesterificación es la razón molar entre el alcohol y los triglicéridos. Entendiéndose por razón molar a la cantidad de moléculas de alcohol necesarias para reaccionar con una molécula de triglicérido o aceite puesto que se requieren 3 moléculas de alcohol y una de triglicérido para producir 3 moléculas de biodiesel y una de glicerol. (Paula Castro, 2007)

5.2.4 Catalizador:

La transesterificación de los triglicéridos se puede realizar por medio de diferentes procesos catalíticos. Los catalizadores utilizados pueden ser clasificados en:

5.2.4.1 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)

Ejemplos de catalizadores alcalinos son:

5.2.4.1.1 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 para evitar que se evapore el alcohol (causando pérdidas de este insumo y riesgos de incendio y para la salud de los trabajadores). (Bengoagorostiza, 2012)

5.2.4.1.2 Hidróxido de potasio (KOH):

Este catalizador es muy parecido al hidróxido de sodio. Se encuentra en forma de cristales los cuales deben ser disueltos en el metanol antes de la transesterificación. A diferencia del NaOH, se necesita mayor cantidad de KOH para hacer el mismo trabajo con lo conlleva a poder elevar los costos.

El hidróxido de potasio puede afectar al organismo al momento de inhalarlo o al estar en contacto con la piel y causar así graves irritaciones, quemaduras y daños permanentes en los ojos.

Las ventaja del KOH es que la glicerina que queda del proceso es mucho menos tóxica que cuando se utiliza NaOH. Otra ventaja del KOH es que tiene la particularidad de disolverse mucho mejor en metanol; así mismo estudios han demostrado que al utilizar KOH se obtienen mejores rendimientos de transformación que con NaOH. **Invalid source specified.**

5.2.4.2 **Catalizadores ácidos:**

La transesterificación por catalizadores ácidos requiere una temperatura alta (~ 100 ° C), la presión (~ 5 bares) y grandes cantidades de alcohol.

La única ventaja es que puede esterificar de manera eficiente los ácidos grasos en los aceites vegetales y por lo tanto se utiliza para transesterificar alta carga de alimentación que contiene ácido, tal como aceite comestible residual. (Agustian, 2012)

Los catalizadores ácidos pueden ser utilizados tanto para la esterificación de ácidos grasos libres con el fin de convertirlos directamente en ésteres o para la transesterificación de los triglicéridos.

Otro uso de los catalizadores ácidos es en la transesterificación, aunque esta reacción es extremadamente lenta y requiere de un exceso aun mayor de alcohol, lo cual es poco económica. (Agustian, 2012)

5.2.4.3 **Catalizadores enzimáticos**

Este tipo de catalizadores son productos naturales compuestos de extractos de plantas no tóxicos, que contienen inductores celulares cuya finalidad es, reactivar y optimizar procesos digestivos microbiológicos. De ésta manera aceleran la velocidad de reacciones de carácter biológico. (Biotratamientos, 2013)

5.2.4.4 **Catalizadores Heterogéneos**

En este tipo de catálisis las propiedades superficiales del sólido elegido como catalizador son un reflejo de la química del mismo (Biblioteca Digital ILSE, s.f.)

5.3 CAMPO DE APLICACIÓN

Estas Normas Técnicas Peruanas se aplican 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 al 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)

5.4 MÉTODOS DE ENSAYO

A continuación se mostrará cada una de las propiedades de interés en la medición de la calidad del biodiesel, así como los métodos de ensayo utilizados para el cálculo de cada uno y el valor deseado para asegurar la calidad del biodiesel.

Propiedad	Método de ensayo (a)	Biodiesel B100	Unidades
Contenido de calcio y magnesio, combinado	EN 14538	5 Máx.	ppm(ug/g)
Punto de inflamación (copa cerrada)	ASTM D 93	93 min	°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 min	°C
Agua y sedimento	ASTM D 2709	0.05 Máx.	% volumen
Viscosidad cinemática a 40° C	ASTM D 445	1,9 - 6(b)	mm ² /s
Ceniza sulfatada	ASTM D 874	0.02 Máx.	% masa
azufre (c)	ASTM D 5453	0.0015 Máx. (15)	% masa(ppm)
corrosión a la lámina de cobre	ASTM D 130	Nº 3	
Numero de cetano	ASTM D 613	47 min	
punto nube	ASTM D 2500	Reportar (d)	°C
residuo de carbón	ASTM D 4530	0.05 Máx.	%masa
Numero de acidez	ASTM D 664	0.5 Máx.	Mg KOH/g
Glicerina libre	ASTM D 6584	0.02 Máx.	%masa
Glicerina total	ASTM D 6584	0.24 Máx.	%masa
Contenido de fosforo	ASTM D 4951	0.001 Máx.	%masa
Temperatura de destilación	ASTM D 1160	360 Máx.	°C
Temperatura del 90% de recuperado equivalente a la presión atmosférica			
Contenido de sodio y potasio combinado	EN 14538	5 Máx.	ppm(ug/g)
Estabilidad a la oxidación	EN 14112	3 min	horas

Tabla 7: Propiedades y métodos de ensayo relevantes

Fuente: (Comité Técnico de Normalización de Petróleo y Derivados, 2008)

Para facilitar la comprensión de los niveles establecidos para cada una de las propiedades, se elaboró la siguiente tabla con información sobre las razones de los límites establecidos para cada punto.

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
Punto de inflamación	<p>Como está especificado, no está directamente relacionado al desempeño de la máquina. Sin embargo, es de importancia su conexión con requerimientos legales y precauciones de seguridad envueltos en la manipulación y el almacenamiento del combustible que son normalmente especificados para cumplir con regulaciones de seguros e incendios.</p>	<p>Método de ensayo ASTM D 93, excepto donde se indiquen otros métodos por exigencias legales. También pueden utilizarse los métodos ASTM D 3828 o ASTM D 6450. La precisión y el sesgo de los métodos ASTM D 3828 y ASTM D 6450 con biodiesel no se conocen actualmente. El método ASTM D 93 será el método dirimente en caso de discrepancias.</p>
Viscosidad	<p>Puede ser ventajosa para algunos motores la especificación de un mínimo en viscosidad debido a la pérdida de potencia a causa de las pérdidas en las bombas de inyección y en los inyectores. Por otra parte, la máxima viscosidad permisible está limitada por consideraciones que involucran el diseño y el tamaño del motor, y las características del sistema de inyección. El límite superior para la viscosidad del biodiesel (6,0 mm²/s a 40 °C) es mayor que la máxima viscosidad permitida en la NTP 321.003. La mezcla de biodiesel con combustible diésel cercano a su límite alto, podría resultar en una mezcla biodiesel con viscosidad mayor al límite superior considerado en la NTP 321.003.</p>	<p>Método de ensayo ASTM D 2709. Puede utilizarse también el método ASTM D 1796. El método ASTM D 2709 será el método dirimente en caso de discrepancias. La precisión y el sesgo de estos métodos con biodiesel no se conocen y está actualmente en investigación.</p>

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
Ceniza sulfurada	El biodiesel puede contener materiales formadores de cenizas bajo tres formas: (1) sólidos abrasivos, (2) jabones metálicos solubles y (3) catalizador no removido. Los sólidos abrasivos y el catalizador pueden contribuir a incrementar los depósitos en el motor y al desgaste del pistón, anillos, inyectores, bomba de inyección. Los jabones metálicos solubles tienen poco efecto en el desgaste pero pueden contribuir al taponamiento de filtros y los depósitos en el motor.	Método de ensayo ASTM D 445.
Azufre	El efecto del contenido de azufre en el desgaste del motor y en la generación de depósitos en el motor parece ser que varía considerablemente en importancia y depende grandemente de las condiciones operativas. El azufre en el combustible puede también afectar el comportamiento del sistema de control de emisiones y se han impuesto varios límites en azufre por razones ambientales. El B100 es esencialmente libre de azufre.	Método de ensayo ASTM D 5453. Pueden ser adecuados otros métodos para determinar azufre en biodiesel hasta niveles de 0,05 %, tales como los métodos ASTM D 1266, ASTM D 2622, ASTM D 3120 Y ASTM D 4294, pero pueden dar resultados altos falsos, aun cuando la precisión y sesgo con biodiesel no se conoce. El método ASTM D 5453 será el método dirimente en caso de discrepancias.
Corrosión a la lámina de cobre	Este ensayo sirve como una medida de las posibles dificultades con las partes de cobre o bronce del sistema de combustible. La presencia de ácidos o compuestos que contienen azufre pueden manchar la lámina de cobre, y por tanto indicar la posibilidad de corrosión. La NTP 321.003 establece el índice de corrosión a la lámina de cobre de 1. Este mismo valor está establecido en la Norma EN 14214:2003 y la Norma Técnica Brasileira ANP 255:2003.	Método ASTM D 130, 3 h de prueba a 50 °C.
Número de cetano	El número de cetano es una medida de la calidad de ignición del combustible e influencia el humo blanco y la robustez de la combustión. El requerimiento de número de cetano depende del diseño del motor, de su tamaño, de las variaciones de	Método ASTM D 613.

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
	<p>velocidad y carga y de las condiciones atmosféricas y de arranque.</p> <p>El índice de cetano calculado, método ASTM D 976 o ASTM D 4737 no debe ser utilizado para aproximar el número de cetano con biodiesel o sus mezclas. No hay data sustancial que sustente el cálculo del índice de cetano para biodiesel o sus mezclas.</p>	
Punto de nube	<p>Es importante en el sentido que define la temperatura a la cual una nube o niebla de cristales aparecen en el combustible bajo ciertas condiciones de ensayo prescritas. Esta temperatura se relaciona con la temperatura a la cual empiezan a precipitar cristales en el combustible en uso. El biodiesel generalmente tiene un punto de nube mayor que el combustible de petróleo. El punto de nube del biodiesel y su impacto en las propiedades de flujo en frío de la mezcla resultante deberá ser monitoreado por el usuario para asegurar una operación libre de problemas en climas fríos.</p>	<p>Método ASTM D 2500. El Método ASTM D 5773 también puede usarse, así como el método ASTM D 3117 debido a que está muy relacionado. El método ASTM D 2500 será el método dirimente en caso de discrepancias. La precisión y el sesgo del Método ASTM D 3117 para el biodiesel no se conoce y está en investigación.</p>
Residuo de carbón	<p>Proporciona una medición de la tendencia a depositar carbón de un combustible. Aunque no está directamente relacionado con el depósito en los motores, esta propiedad es considerada una aproximación. A pesar de que el biodiesel está dentro del rango de ebullición, muchos biodiesel hierven a aproximadamente la misma temperatura y es difícil dejar el 10 % de residuo de la destilación. Por tanto, se utiliza un 100 % de muestra para reemplazar el 10 % de residuo y los cálculos se realizan como si fuera el 10 % de residuo. El parámetro E (peso final del frasco / peso original del frasco)</p>	<p>Método ASTM D 664. También pueden usarse los métodos ASTM D 3242 o ASTM D 974. El método ASTM D 664 será el dirimente en caso de discrepancia.</p>

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
Número de acidez	Es utilizado para determinar el nivel de ácidos grasos libres o ácidos del proceso que pueden estar presentes en el biodiesel. Se ha demostrado que biodiesel con número de acidez alto incrementan los depósitos en el sistema de combustible e incrementan la potencialidad de corrosión.	Método ASTM D 4530. Una muestra al 100% reemplazará el residuo 10 %, con el porcentaje de residuo en la muestra original reportado, utilizando el cálculo del residuo 10 %. También puede utilizarse los métodos ASTM D 189 o ASTM D 524. El método ASTM D 4530 será el dirimente en caso de discrepancias.
Glicerina libre	Se utiliza para determinar el nivel de glicerina en el combustible. Altos niveles de glicerina pueden causar depósitos en los inyectores, así como taponamiento de los sistemas de combustible. También puede contribuir a una acumulación de glicerina en las partes bajas del almacenamiento y del sistema de combustible.	Método ASTM D 6584.
Glicerina total	Se utiliza para determinar el nivel de glicerina en el combustible e incluye la glicerina libre y la porción de glicerina de cualquier aceite o grasa no reaccionada o parcialmente reaccionada. Bajos niveles de glicerina total aseguran que se han logrado altos niveles de conversión de aceites o grasas a su ésteres monoalquílicos. Altos niveles de mono- di- y triglicéridos pueden causar depósitos en los inyectores y puede afectar negativamente la operación en climas fríos y taponar los filtros.	Método ASTM D 6584.

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
Contenido de fósforo	<p>El fósforo puede dañar los convertidores catalíticos utilizados en los sistemas de control de emisiones y sus niveles deben mantenerse bajos. Los convertidores catalíticos son cada vez más comunes en los equipos que utilizan combustible diésel en la medida en que los estándares de emisión se hacen más estrictos, de tal forma que será importante mantener niveles bajos de fósforo. El biodiesel producido a partir de fuentes disponibles en EEUU ha demostrado tener bajo contenido de fósforo (por debajo de 1ppm) y, por lo tanto, el valor especificado de 10 ppm máximo no debería ser problemático. Biodiesel de otras fuentes pueden o no contener niveles mayores de fósforo por lo que esta especificación se ha agregado para asegurar que todos los biodiesel tengan bajo contenido de fósforo sin importar su origen.</p>	Método ASTM D 4951.
Destilación a presión reducida	<p>El biodiesel tiene un punto de ebullición en lugar de una curva de destilación. Las cadenas de ácidos grasos de los aceites y grasas crudas a partir de los cuales se produce el biodiesel están constituidas de cadenas de hidrocarburos de 16 a 18 átomos de carbono que tienen temperaturas de ebullición similares. El punto de ebullición atmosférico de los biodiesel usualmente está en el rango de 330 °C a 357 °C, por tanto el valor especificado de 360 °C no es problemática. Esta especificación se ha incorporado como una precaución adicional para asegurar que el combustible no ha sido adulterado con contaminantes de alto punto de ebullición.</p>	Método ASTM D 1160.

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
Control de alcohol	<p>Es para limitar el nivel de alcohol no reaccionado en el combustible terminado. Esto puede ser medido directamente por el volumen porcentual de alcohol o indirectamente a través de un alto valor de punto de inflamación.</p> <p>La especificación de punto de inflamación, cuando se usa para control de alcohol, es esperada ser de 100° C como mínimo, lo cual puede ser correlacionada con 0,2 % de volumen de alcohol. Los valores típicos están sobre los 160 °C. Debido a la alta variabilidad con el método de ensayo ASTM D93 cuando el punto de inflamación se aproxima a 100 °C, la especificación del punto de inflamación ha sido puesta a 130 °C como mínimo para asegurar un valor real de 100 °C como mínimo. Mejoras y alternativas al método de ensayo están siendo investigadas. Una vez completo, la especificación de 100 °C puede ser reevaluada para el control de alcohol.</p>	Método ASTM D 1160.
Contenido de calcio y magnesio	<p>Puede estar presente en el biodiesel como sólidos abrasivos o jabones metálicos solubles. Los sólidos abrasivos pueden contribuir a incrementar el desgaste de los inyectores, bomba de combustible, pistones y anillos, y a generar depósitos en el motor. Los jabones metálicos solubles tienen poco efecto en el desgaste, pero pueden contribuir al taponamiento de los filtros y los depósitos en el motor. Altos niveles de compuestos de calcio y magnesio también podrían acumularse en los equipos de remoción de partículas de los gases de escape, los cuales generalmente no son removidos durante las operaciones de regeneración activa o pasiva, y pueden generar incremento de contrapresión y reducir el periodo de servicio entre mantenimiento de tales equipos.</p>	Método EN 14538. El Método UOP 389 también puede ser utilizado. El método EN 14538 será el dirimente en caso de discrepancias.

Propiedad	Información sobre el límite establecido	Métodos de ensayo
Contenido de sodio y potasio	Pueden estar presentes en el biodiesel como sólidos abrasivos o jabones metálicos solubles. Los sólidos abrasivos pueden contribuir a incrementar el desgaste de los inyectores, bomba de combustible, pistones y anillos, y a generar depósitos en el motor. Los jabones metálicos solubles tienen poco efecto en el desgaste, pero pueden contribuir al taponamiento de los filtros y los depósitos en el motor. Altos niveles de compuestos de sodio y potasio también podrían acumularse en los equipos de remoción de partículas de los gases de escape, los cuales generalmente no son removidos durante las operaciones de regeneración activa o pasiva, y pueden generar incremento de contrapresión y reducir el periodo de servicio entre mantenimiento de tales equipos	Método EN 14538. El Método UOP 389 también puede ser utilizado. El método EN 14538 será el dirimente en caso de discrepancias.
Estabilidad a la oxidación	Los productos de oxidación en el biodiesel pueden tomar la forma de varios ácidos o polímeros, los cuales, cuando se encuentran en alta concentración, pueden causar depósitos en el sistema de combustibles y llevar a la obstrucción del filtro y mal funcionamiento del sistema de combustibles. Aditivos diseñados para retardar la formación de ácidos y polímeros puede mejorar significativamente las propiedades de estabilidad a la oxidación del biodiesel.	Método EN 14112.

Tabla 8: Información de límites establecidos para mediciones de propiedades
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (Comité Técnico de Normalización de Petróleo y Derivados, 2008)

5.5 TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BODIESEL

5.5.1 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)

5.5.2 Transesterificación con catálisis homogénea básica:

En el método de transesterificación catalítica básica con metanol el catalizador (Por ejemplo: NaOH, CH₃ONa 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. Un reacción de transesterificación con éxito produce dos fases líquidas: ésteres y glicerol en bruto.

Gracias a un estudio de aceite de girasol, realizado por el autor Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, seleccionando cuatro catalizadores diferentes alcalinos, NaOH, KOH, CH₃ONa, CH₃OK. El biodiesel se acercó al 100wt. % de pureza para todos los catalizadores. Los mayores rendimientos se obtuvieron utilizando metóxido de sodio y potasio (99,33% en peso y 98,46% peso, respectivamente) debido a que sólo contienen el grupo hidroxilo, que es necesario para la saponificación, así como un bajo porcentaje de impurezas.

Sin embargo, cuando los hidróxidos de sodio o de potasio fueron utilizados como catalizadores, los rendimientos del biodiesel se redujeron a 86,71 wt. % y el 91,67 wt. %, respectivamente. Esto se debe a la presencia del grupo de hidróxido, que origina jabones, por saponificación de triglicéridos, debido a su polaridad, los jabones quedan disueltos en la fase de glicerol durante la etapa de separación y después de la reacción. Además, los jabones disueltos aumentan la solubilidad de los ésteres metílicos en el glicerol, una causa adicional de la pérdida de rendimiento. Se observó un aumento en los rendimientos (que llega al 97%) con aceites de oliva virgen, en comparación con los residuos de aceites de freír (llegando a 92%).

La reacción catalítica básica es muy sensible a la pureza de los reactivos. El contenido de ácidos grasos libres no debería superar un cierto límite. Si el contenido de ácidos grasos libres en el aceite se alrededor del 3% el proceso de transesterificación por catálisis básica no es adecuado para producir ésteres de aceites sin refinar. A fin de evitar la saponificación durante la reacción, los FFAs y el contenido de agua de la alimentación debe ser inferior a 0,5 wt. % y el 0,05 wt. %, respectivamente. Debido a estas limitaciones, sólo los aceites vegetales puros son adecuados para la transesterificación catalítica básica sin un pretratamiento extenso. (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.5.3 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%)

En los sistemas de catálisis ácida se utilizan generalmente: ácido sulfúrico, HCl, BF₃, H₃PO₄ y ácidos orgánicos sulfurados, obteniéndose diferentes rendimientos (Ver Tabla 3)

Oil	Catalyst	Catalyst amount (%)	Alcohol wt. % oil	Oil to alcohol molar ratio	Reaction conditions	Ester yield (%)	Ester conversion (%)
Waste cooking oil (WCO)	H ₂ SO ₄	4	Methanol	1:2	95°C, 10 h	-	>= 90
Karanja oil	KOH	1	Methanol	1:6	65°C, 2h. 360 rpm	98	
Pongamia pinnata	KOH	1	Methanol	1:10	60°C, 1.5h	-	92
Rapeseed oil	KOH	1	Methanol	1:6	65°C, 2h. 600rpm	96	
Sunflower oil	NaOH	1	Methanol	1:6	60°C, 2h. 600 rpm	97.1	
Used frying oil (UFO)	NaOH	1.1	Methanol	1:7.5	70°C, 30 min	85.3	
	KOH	1.5				86.0	
	CH ₃ OHNa	1.3				89.0	
Soy oil	H ₂ SO ₄	3	n-Butanol	1:6	120°C, 60min	-	>95
Soy oil	H ₂ SO ₄	1	Methanol	1:3	65°C, 50 h	-	>99
			Ethanol		78°C, 18h	-	>99
			Butanol		117°C, 3h	-	>99
Soy oil	H ₂ SO ₄	0.5	Methanol	1:9	100°C, 3.5 bar, 8h	-	99

Tabla 9. Transesterificación homogénea con catálisis ácida y básica

Fuente: (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.5.4 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.

En la siguiente tabla (Ver tabla 4) se detallan los rendimientos de la transesterificación y esterificación, haciendo uso del presente método.

Catalyst	Catalyst amount wt% of oil(%)	Oil	Alcohol	Molar ratio	Optimum reaction condition	Ester conversion(%)	Ester yield (%)
Mg/La (magnesium-lanthanum-mixed oxide)	5	Sunflower	Methanol	53:1	65 °C, 30 min	-	100
Mg/La (magnesium-lanthanum-mixed oxide)	5	Sunflower	Methanol	53:1	Room temperature 2.2h	-	100
S-ZrO ₂ sulfated Zirconia	5	Soy	Methanol	20:1	120°C, 1h	-	98.6
(Calcium ethoxide) Ca(OCH ₂ CH ₃) ₂	3	Soy	Methanol	12:1	65°C, 1.5h	-	95
(Calcium ethoxide) Ca(OCH ₂ CH ₃) ₂		Soy	Ethanol	12:1	75°C, 3h	-	91.8
Li/CaO	2	Karanja	Methanol	12:1	65°C, 8h	-	94.8
KF/Al ₂ O ₃	4	Palm	Methanol	12:1	65°C, 3h	-	90
KNO ₃ /Al ₂ O ₃	6.5	Soy	Methanol	12:1	65°C, 7h	87	-
KNO ₃ /Al ₂ O ₃	6	Jatropha	Methanol	12:1	70°C, 6h	84	-
KF/Eu ₂ O ₃	3	Rapeseed	Methanol	12:1	65°C, 1h	92,5	-
Eu ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	10	Soy	Methanol	6:1	70°C,8h	63	-
KI/Al ₂ O ₃	2.5	Soy	Methanol	15:1	65°C, 8h	96	-
SO ₄ ²⁻ /TiO ₂ -SiO ₂	3	Waste oil	Methanol	9:1	200°C,5h	92	-
Mg-Al hydrotalcites	7.5	Soy	Methanol	15:1	65°C,9h	67	-
(ZS/Si) zinc stearate immobilized on silica gel	3	WCO	Methanol	18:1	200°C,10h	-	98
KOH/NaX zeolite	3	Soy	Methanol	10:1	65°C,8h	85.6	-
CaO	8	Soy	Methanol	12:1	65°C, 3h	-	95

Tabla 10. Transesterificación de aceites vegetales utilizando varios catalizadores heterogéneos

Fuente: (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.5.5 Transesterificación enzimática:

La transesterificación enzimática utilizando lipasa parece atractiva y se está fomentando, por las siguientes razones:

- Fácil separación del producto
- Una necesidad mínima de agua para el tratamiento de residuos
- La recuperación del glicerol es fácil
- Ausencia de reacciones secundarias.

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.

Se han propuesto muchos estudios de la transesterificación mediante lipasa para la producción de biodiesel en un sistema libre de solvente. En esos sistemas el metanol tiene una solubilidad mala con las materias primas del aceite, además en grandes cantidades el metanol existiría como gotas, lo que tendría unos efectos negativos en el correcto funcionamiento de la lipasa.

Para solucionar este problema se recomendó la adición de metanol de forma gradual, ya que la solubilidad de metanol en los ésteres de alquilo es mayor que en el aceite, y en consecuencia los límites de la desactivación de la enzima. Además, el glicerol liberado también puede inhibir la reacción mediante la limitación de sustrato y la difusión del producto, debido a su insolubilidad en disolvente orgánico. La alcoholisis enzimática de triglicéridos se estudió en éter de petróleo, hexano y soluciones de la gasolina. Sin embargo, la solubilidad del metanol y el glicerol en estos los disolventes es baja y los problemas anteriores, probablemente persistirían.

Para resolver este problema, se utiliza como disolvente ideal el tert-butanol. Con una cierta cantidad de tert-butanol como el medio de reacción, tanto el metanol y el glicerol productos son solubles, por lo que el efecto negativo causado por el metanol y el glicerol en la actividad catalítica de la lipasa puede ser totalmente eliminado

Como en los puntos anteriores, se detalla a continuación en la tabla (Ver tabla 5) los rendimientos de la transesterificación y esterificación usando éste método.

Carrier used	Source of enzyme	a (%)	Oil	b	Solvent	d	d	Conversion	Yield (%)
-	Candida antártica	1.6	Cotton seed	Methanol	t-Butanol	4:1	50°C, 24 h	95	-
-	-	4	Waste cooking palm	Methanol	t-Butanol	4:1	40°C, 12h	-	88
Polypropylene ep1 00	Pseudomonas Fluorescens	10	Sunflower	Sunflower	Hexane	4.5:1	40°C, 48h	91	-
-	Thermomyces Lanuginosus	15	Soybean	Ethanol	-	7.5:1	31.5°C, 7h	96	-
Celice-545	Chromobacterium Viscosum	10	Jatropha	Ethanol	-	4:1	40°C, 10h	92	-
POS - PVA	Pseudomonas Fluorescens	20	Palm	Ethanol	-	18:1	58°C, < 24h	98	-
Acrylic resin	Candida antártica	10	Jatropha Karanja Sunflower	Propan -2- ol	-	4:1	50°C, 8h	92.8 91.7 93.4	-
Acrylic resin	Candida antártica	30	Soybean	Methyl Acetate	-	12:1	40°C, 10h	-	92
Macroporous - Acrylic resin	Candida antártica	10	Jatropha	Ethyl acetate	-	11:1	40°C, 12h	91.3	-
-	Candida antártica	3	Rapeseed	Methanol	t-Butanol	4:1	35°C, 10h	95	-
Toyonite - 200 M	Pseudomonas Fluorescens	9.4	Sunflower	1-Propanol	-	3:1	60°C, 20h	91	-
Acrylic resin	Candida antártica	2	Soybean	Methanol	[Emim]	4:1	50°C, 12h	-	80

Tabla 11. Comparación de varios tipos de lipasa utilizados en la producción de biodiesel

Fuente: (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.5.6 Transesterificación supercrítica y subcrítica con alcohol

La transesterificación supercrítica no catalítica del aceite vegetal con metanol ofrece una nueva forma de producción de biodiesel. La reacción de transesterificación en condiciones supercríticas se completó en minutos, mientras que la transesterificación catalítica convencional necesita varias horas. La transesterificación de triglicéridos (moléculas no polares) con un alcohol (molécula polar) es generalmente una reacción heterogénea (dos fases líquidas) a la temperatura de procesamiento convencional debido a la miscibilidad parcial de los componentes polares y los no polares. En condiciones supercríticas, sin embargo, la mezcla se convierte en una fase única y homogénea, lo que acelera la reacción, ya que no hay intercambio de masa en la interface, que limita la velocidad de reacción. Otro efecto positivo del uso de las condiciones supercríticas es que el alcohol no solo es un reactivo sino que además es un catalizador ácido.

Un mecanismo de reacción de aceites vegetales con metanol supercrítico se presentó suponiendo que la molécula de alcohol ataca directamente al átomo de carbonilo de los

triglicéridos debido a la alta presión. En el estado supercrítico, dependiendo de la presión y la temperatura, los puentes de hidrógeno disminuirían significativamente, lo que permitiría al metanol a ser un monómero libre.

La transesterificación se completa a través de una transferencia de metóxido, mediante el cual se forman los ésteres metílicos de ácidos grasos y diglicéridos. De manera similar, el diglicérido se transesterifica para formar metil éster y monoglicéridos, que se convierten aún más en metil éster y glicerol en el último paso.

La presencia de agua en la reacción del sistema no afecta el rendimiento de los ésteres de metilo en la transesterificación supercrítica con alcohol como se nota en la tabla a continuación (Ver tabla 6).

Vegetable oil	Molar Ratio	Alcohol	Temperature and pressure	Reaction Time	Reactor Type	Conversion (%)	Yield (%)
Sunflower oil	40:1	Methanol	350°C, 200 bar	40 min	8 mL SS reactor	96	-
Rapessed oil	42:1	Methanol	350°C, 45 MPa	240 s	5 mL reaction vessel made of Inconel-625	95	-
Hazelnut kernel oil	41:1	Methanol	350°C, NA	300 s	100 mL cylindrical autoclave made of 316 stainless steel		
Jatropha oil	40:1	Methanol	350°C, 200 bar	40 min	11 mL reactor of SS 316	>90	-
Soyabean oil	40:1	Methanol	310°C, 35 MPa	25 min	75 mL tube reactor	-	96
Coconut oil, palm kernel oil	42:1	Methanol	350°C, 19 MPa	400 s	Tubular flow reactor	95-96	-
Cottonseed oil	41:1	Methanol Ethanol	230°C, NA	8 min	Autoclave	98 (Methanol) 75 (Ethanol)	-
Palm oil	45:1	Methanol	300°C, NA	60 min.	8.8 mL SS reactor	60, 30	-

Tabla 12. Muestra el trabajo realizado para la producción de biodiesel con diferentes materias primas en condiciones diferentes utilizando alcohol supercrítico.

Fuente: (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.5.7 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

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 valioso biocombustible con las siguientes ventajas:

- Breve tiempo de reacción
- Ratio aceite/metanol bajo
- Facilidad de operación debido a una reducción drástica de la cantidad de subproductos
- Reducido consumo de energía

La siguiente tabla detalla algunas de las características de ésta técnica de transesterificación. (Ver tabla 7)

Oil/triolein	Catalyst	a(%)	Alcohol	b	Microwave conditions	Reaction conditions	c(%)	d(%)
Cottonseed oil	KOH	1.5	Methanol	1:6	Reaction mixture irradiated using 21% of an exit power of 1200W	7 min, 333K	92.4	–
Rapeseed oil	KOH	1	Methanol	1:6	Reaction mixture irradiated using 67% of an exit power of 1200W	5min, 323 K	93.7	–
Castor oil	NAOH					3 min, 313 K	93.7	
	SiO ₂ /50% H ₂ SO ₄	1	Methanol	1:6	40 W	30 min 25 min	-	95
	SiO ₂ /30% H ₂ SO ₄	1	Ethanol	1:6	220W	25 min	-	95
	Al ₂ O ₃ /50% KOH	1	Methanol	1:6	40W	0.5 min	-	95
Triolein	KOH	5	Methanol	1:6	25W	1 min, 323 K	-	98
	NAOH							98
Castor oil	H ₂ SO ₄ /C	5	Methanol	1:1 2	200W	60 min, 338K	94	–

Tabla 13. Transesterificación asistidos por microondas

Fuente: (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.5.8 Transesterificación asistida por ultrasonido

El ultrasonido ha demostrado ser una herramienta muy útil para mejorar la velocidad de reacción en una variedad de sistemas reactivos. Se ha logrado:

- un aumento de la conversión
- la mejora del rendimiento
- cambió de la vía de la reacción
- iniciar la reacción en sistemas biológicos, químicos y electroquímicos.

El ultrasonido se define como el sonido en una frecuencia superior de la que el oído humano puede percibir. El rango normal de audición es de entre 16 Hz y cerca de 18 kHz y el ultrasonido se considera generalmente que se encuentra entre los 20 kHz hasta valores por encima de 100 MHz, como cualquier onda de sonido, el ultrasonido alternativamente comprime y expande la separación molecular del medio que atraviesa, causando una serie de ciclos de compresión y de rarefacción (disminución de la densidad de un cuerpo gaseoso). Si se aplica un gran gradiente de presión negativa al líquido, de modo que la distancia entre las moléculas supera la distancia crítica molecular necesaria para mantener el líquido intacto, el líquido se descompondría y se crearían cavidades, es decir, se formarían burbujas de vapor del líquido.

A altas intensidades de ultrasonidos, una pequeña cavidad puede crecer rápidamente debido a efectos inerciales. Como resultado, algunas burbujas se expansionarían repentinamente a un tamaño inestable y se colapsarían violentamente, generando energía de efecto químico y mecánico. El colapso de las burbujas de cavitación destruiría el límite de la fase y causaría emulsión, por chorros de ultrasonido que afectarían un líquido a otro.

Una baja frecuencia de irradiación de ultrasonidos puede ser útil para la transesterificación de triglicéridos con el alcohol. Los ultrasonidos proporcionan la energía mecánica para la mezcla y la energía de activación necesaria para iniciar la reacción de transesterificación.

La ultrasonificación aumenta la velocidad de reacción química y el rendimiento de la transesterificación de aceites vegetales y grasas animales en biodiesel.

El método de transesterificación asistida por ultrasonidos presenta las siguientes ventajas:

- Tiempos de reacción más cortos y con menos consumo de energía que el método convencional de agitación mecánica.
- Un ratio molar más eficiente de metanol a TG
- Su simplicidad.

De manera análoga a la usada en la evaluación de las demás técnicas, a continuación se presenta una tabla con las principales características de la transesterificación aplicando éste método (Ver tabla 8).

Oil/triolein	Catalyst	Catalyst wt% of oil	Alcohol	Oil to alcohol molar ratio	Ultrasonic frequency (kHz)	Source of ultrasound	Reaction Conditions	Ester yield (%)	Ester conversion (%)
Na	NaOH	0.5	n-Propanol	1:6	28 40	Ultrasonic cleaner (1200W)	25°C, 20 min 25°C, 20 min	92 88	-
Triolein	NaOH	1	Ethanol	1:6	40	Ultrasonic cleaner (1200W)	25°C, <20 min	-	98
Triolein	KOH	1	Methanol	1:6	40	Ultrasonic cleaner (1200W)	25°C, 10 min	-	>90
Soybean	NaOH	1.5	Methanol	NA	24	Ultrasonic ator (200W)	60°C, 20 min	97	-
Frying oil Fish oil	C ₂ H ₅ ONa	0.8	Ethanol	1:6	20	Ultrasonic probe	60°C, 60 min	98.2	-

Tabla 14. Transesterificación asistida por ultrasonidos

Fuente: (Manuel Francisco Cifuentes Guerrero, 2010)

5.6 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.

5.6.1 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.

5.6.2 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.

5.6.3 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.

5.6.4 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.

5.6.5 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 que 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.

6 DISEÑO DEL PROCESO A ESCALA INDUSTRIAL

6.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

6.1.1 Objetivos generales:

- Determinar todas las etapas que intervienen en el proceso de elaboración de biodiesel a partir de aceites de cocina usado a escala industrial así como los subproductos que se pueden obtener del proceso.

6.1.2 Objetivo específico:

- Desarrollar detalladamente cada una de las etapas que intervienen en el proceso de elaboración de biodiesel y sus respectivos tiempos de duración de cada etapa.
- Desarrollar el diagrama de flujo a escala de industrial teniendo en cuenta las condiciones y parámetros que se deben cumplir.
- Conocer las operaciones unitarias que permiten el proceso a escala industrial
- Determinar materiales, equipos e insumos más convenientes para el proceso a escala industrial para un proceso más óptimo.

6.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA DE ACEITES DE COCINA USADOS

Para el estudio de la oferta de aceites de cocina usados, se realizaron encuestas en los principales locales comerciales y alojamientos de la ciudad de Piura y Castilla para así proceder a obtener un estimado de la cantidad de aceite usado que podría ser recolectado de dichos lugares. Las encuestas se encuentran anexadas en una carpeta a parte en formato .jpg para su apreciación más fácil. Cabe mencionar que para encuestar a los establecimientos relevantes, se hizo uso de un tríptico educativo sobre el tema de estudio y se preparó una breve introducción al tema. Dicho tríptico puede ser apreciado como Anexo 1.

Posteriormente, se muestra un cálculo aproximado del consumo de aceite vegetal de cocina por parte de la población en general, aceite que será recogido también y por tanto se adiciona a la demanda de locales comerciales y alojamientos estipulada.

En el anexo 2 podemos observar el análisis de las encuestas realizadas. De dicho análisis obtenemos los siguientes datos:

Marcas	Litros/Semana
Capri	20
Cocinero	795
Crisol	799
Friol	70
No especifica	607
Premium	105
Primor	205
Soya	141
Tondero	1764
Vegetal	105
Total	4611

Medio de Desecho	Litros/Semana
No especifica	614
Baldes	279
Bidón	25
Bolsas	1636
Desagüe	2057
Total	4611

Resultados del muestreo

Media	107.2326
Error estándar	41.63696
Mediana	35
Moda	20
Desviación Estándar	273.0318
Varianza Simple	74546.37
Kurtosis	34.19434
Asimetría	5.66141
Rango	1759
Mínimo	5
Máximo	1764
Suma	4611
Recuento	43

Utilizando MS Excel como herramienta, se realizaron las siguientes tablas dinámicas.

De ellas se pudo obtener información importante sobre la marca predominante en el consumo de restaurantes.

Una segunda tabla permite conocer el método de disposición más usado. El cuál como se puede observar, es el desecho del aceite.

Si además observamos la tercera tabla, podremos darnos cuenta que gran parte de ese desecho simplemente es lanzado al desagüe. Esta conclusión nos permite defender con respaldo la posición de protección ambiental del proyecto, pues como se ha mencionado previamente, el aceite es un gran contaminante del agua.

Finalmente se detalla en una pequeña tabla adicional, el análisis de estadística descriptiva de los datos obtenidos. Como datos relevantes, resaltamos la media de aceite que se puede obtener de locales comerciales, la moda y la suma total del aceite que es posible recolectar de los puntos encuestados.

Método Disposición	Litros/Semana
Desecha	3718
Regala	194
Vende	699
Total	4611

(Se considera una pérdida de volumen de aproximadamente el 10% debido a restos de alimentos contenidos en el aceite)

Continuando con el estudio, presentamos una tabla que detalla la oferta de aceites usados de cocina provenientes de hogares de las ciudades de Piura y Castilla:

Nombre	Dato
Cantidad de restaurantes y alojamientos Piura	965
Cantidad de restaurantes y alojamientos Castilla	219
Total restaurantes y alojamientos	1184
Nivel socioeconómico A, B, C (establecimientos que no reúsan el aceite de cocina demasiadas veces)	28,6%
Restaurantes y alojamientos considerados como aptos para la recolección	339
Población Piura y Castilla	665991
Población apta para la recolección	141331
Consumo Promedio de Aceite per cápita	6.4 litros/persona-año
Oferta de aceites usados de cocina total	904520.2 litros/año

Tabla 15: Datos para el análisis de la oferta

Fuente: (INEI, 2009)

Con los datos presentados hasta el momento, se procede a hacer una proyección de la oferta para un horizonte de planeación de 10 años, el cual se incluye en el anexo 3.

6.3 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.

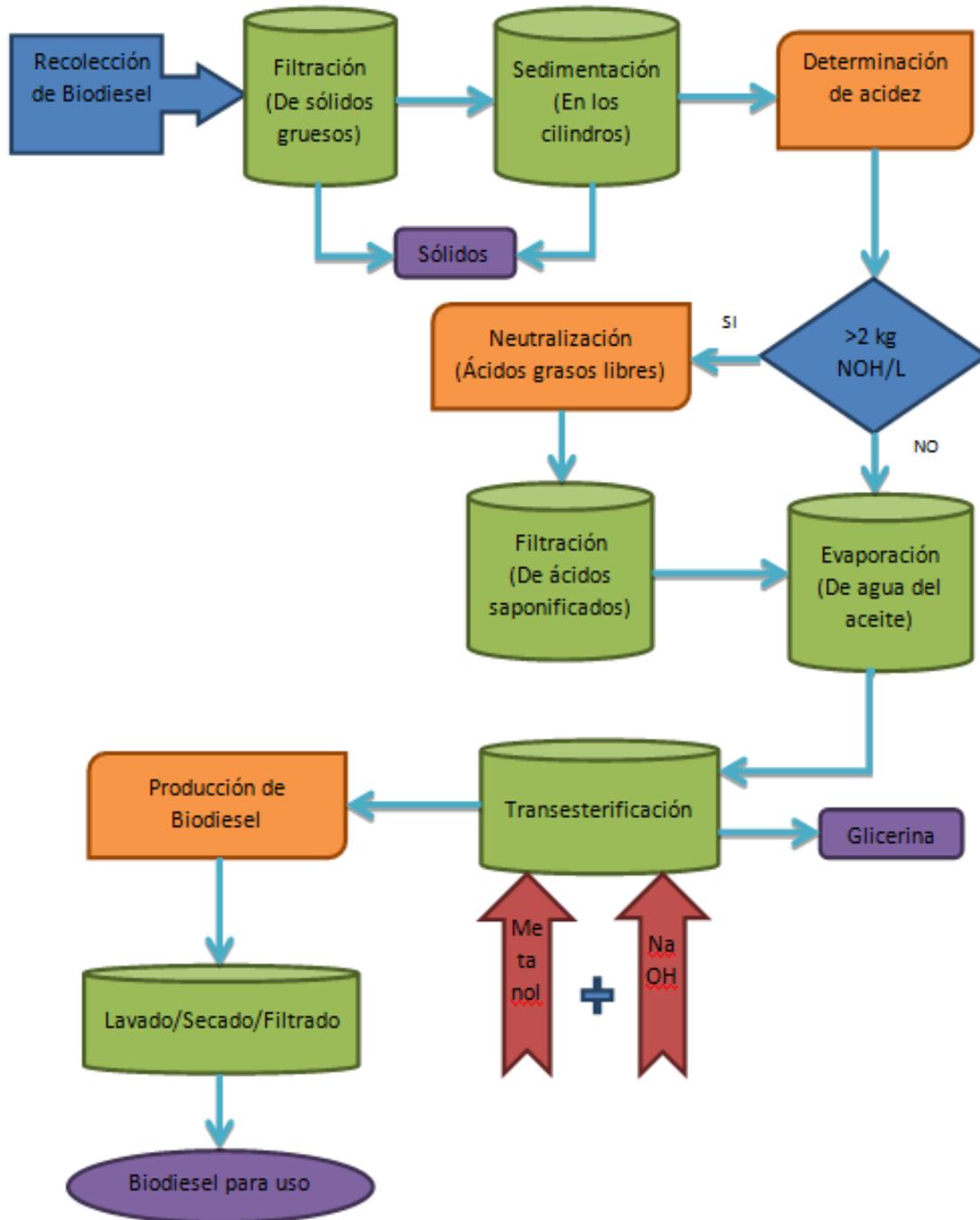


Diagrama de Flujo 1: Producción de Biodiesel

Fuente: Elaboración Propia con datos de (Mandolesi de Araujo, de Andrade, de Souza e Silva, & Dupas, 2013)

6.3.1 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 pre-tratamiento 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 pre-tratamiento 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)

6.4 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:

- **Filtración:** Se filtra manualmente los restos gruesos de alimentos con grados de degradación variable (según la temperatura de fritura) en una malla metálica o filtro grueso. Si la viscosidad del aceite es alta (se considera alta una viscosidad tal que, dificulte la fluidez del aceite a través del filtro), se procede al calentamiento previo. La operación de filtrado es necesaria debido a que los aceites desechados de frituras contienen inicialmente sólidos suspendidos. (Whitman Direct Action, 2011)
- **Sedimentación:** También llamada decantación. La operación consiste en separar la fase oleosa y la fase líquida del aceite recolectado, así como restos sólidos que lograron pasar el filtro. Luego de cierto tiempo, una semana aproximadamente, después de colocar el aceite en el tanque de decantación, el agua precipitará al fondo junto con barro e impurezas. Cuando el contenedor tenga la mitad o más de aceite bueno, se transfiere la capa superior a otro contenedor dejando el residuo

para mayor tiempo de decantación. El tiempo de decantación se puede reducir con un filtrado primario antes de precipitar. Las partículas en el aceite atrapan el agua y si se filtra hará que la precipitación del agua sea más fácil.

Un método de decantación conocido como: Cold Upflow Settling (decantación en contraflujo en frío) es un sistema de decantación con flujo continuo que funciona mejor con aceites. Es posible opcionalmente, calentar el aceite si el líquido no es claro. (MBiodiesel, 2012)

- **Evaporación:** Este proceso es empleado para eliminar el agua del aceite, esto gracias a la diferencia de volatilidades de ambos componentes. Para llevar a cabo esta operación, el aceite es llevado al tanque de calentamiento donde se someterá a una temperatura de hasta 90°C y se deja que concluya el proceso de burbujeo y crujido. Cabe decir que es muy importante llevar el control de la temperatura para evitar quemar el aceite. (Whitman Direct Action, 2011)
- **Transesterificación:** La materia prima que se va a procesar y la mezcla metanol-catalizador se cargan en un reactor dotados de un sistema de agitación, suministro de calor y reflujo para el metanol. En la mayoría de plantas, la transesterificación se lleva a cabo en dos etapas. En la primera se agrega el 80% del metóxido y luego de la reacción se separa la glicerina. En la segunda etapa, al remanente se le agrega el 20% restante. El proceso dura aproximadamente 1.5 horas. (Pedro, 2009)
- **Lavado:** Finalmente, para remover el alcohol remanente y los restos de potasio, glicerol o jabón, el éster es lavado con agua en una proporción volumétrica del 30% de agua. Para este procedimiento existen diversos métodos, sin embargo el más recomendable es el lavado de burbujas de aire, ya que reduce significativamente el tiempo de lavado. (Cantero Katty, 2010)

6.5 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

A continuación se presenta una tabla con los equipos necesarios para realizar el proceso de obtención de biodiesel. Se incluye además en ella, la capacidad seleccionada y el análisis del área total requerida para el proceso productivo en planta, considerando los datos de la proyección a 10 años realizada en el apartado sobre análisis de la oferta.

Método de Guerchet para el cálculo de superficies						
Equipos	Superficie estática (Ss)	Lados laterales de utilización (N)	Superficie de gravitación (Sg)	(Ss + Sg)	Superficie de evolución (Se)	Superficie total (St)
Tanque Almacenamiento Aceite	12.6	1	12.6	25.2	60.3616438	85.5616438
Decantador	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Decantador	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Caldera de Vapor	1.54	1	1.54	3.08	0	3.08
Reactor	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Reactor	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Reactor	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Reactor	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Reactor	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Reactor con Chaqueta Interna	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Tanque Almacenamiento Hidróxido	0.79	1	0.79	1.58	0	1.58
Tanque Almacenamiento Metanol	8.04	1	8.04	16.08	0	16.08
Tanque Almacenamiento Biodiesel	12.6	1	12.6	25.2	0	25.2
Tanque Almacenamiento Glicerina	8.04	1	8.04	16.08	0	16.08
Generador	6	1	6	12	0	12
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2

Método de Guerchet para el cálculo de superficies						
Equipos	Superficie estática (Ss)	Lados laterales de utilización (N)	Superficie de gravitación (Sg)	(Ss + Sg)	Superficie de evolución (Se)	Superficie total (St)
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
Bomba	1	1	1	2	0	2
					Área total	416.38

6.6 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. (Madri+d (MI+D), 2006)

Para el caso del proyecto la obtención de glicerina es de alrededor del 15.7% del porcentaje total de biodiesel producido, lo que supone una producción semanal de 7503.2 litros de este subproducto y de una estimación anual de 405 173.88 litros.

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.

Principales usos de la glicerina:

- Productos cosméticos: jabones de tocador
- En el área de medicina: medicamentos en forma de jarabes, cremas.
- En disciplinas militares: para la fabricación de explosivos, como la nitroglicerina así como para enfriar los cañones de las armas de fuego
- Productos en la industria de lacas y pinturas: componente clave de los barnices que se utilizan para acabados
- Industria textil proporcionando elasticidad y suavidad a las telas

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 maquinas especializadas, como una unidad de destilación para conseguir glicerina refinada y destilada, especialización en las tareas a realizar en cada una de las áreas diseñadas como la desaireación, destilación y sección de blanqueo; personal previamente capacitado para los procesos mencionados anteriormente (que bien podría ser el mismo personal del área de producción de biodiesel), entre otros. Es por ello que se opta por comercializar y vender el subproducto (glicerina) a empresas interesadas en este producto y con ello obtener un beneficio económico. (DESOTEC, 2013)

Actualmente se conocen distintas aplicaciones posibles para la glicerina y sus derivados, que se comercializan según sus grados de calidad; pero no existen aún propuestas de usos definidas para la glicerina obtenida como subproducto del biodiesel, debido a que en general, ésta no cumple el estándar mínimo de calidad y su costo de purificación conduce a un producto económicamente poco viable. (Aimaretti, 2008)

6.6.1 Análisis de mercado del glicerol:

Actualmente la cantidad de glicerol que se usa para aplicaciones técnicas es de 160000 toneladas aproximadamente y se espera un crecimiento anual de 2.8% (Yazdani y Gonzalez, 2007).

Los precios de glicerina refinada han permanecido casi sin cambios durante los últimos años, mientras que la saturación del mercado con glicerina cruda ha hecho caer rápidamente sus precios. Es por ello, que últimamente se ha aumentado los usos alternativos para la glicerina cruda y la capacidad para refinarla.

A partir del año 2006 los productores de biodiesel se vieron obligados a recibir precios de venta de hasta dos centavos de dólar por libra o incluso menores precios por el subproducto crudo debido a la sobreoferta de glicerina. Aunque para mediados de 2007 ya se alcanzaron precios de entre seis y diez centavos por libra de glicerina sin refinar. Además, el mercado y los precios de la glicerina refinada se han mantenido fuertes, con una recuperación de 30 a 40 centavos por libra, dependiendo de la calidad y grado de pureza. (Ito, T. et al., 2005)

El mercado de la glicerina cruda seguirá siendo débil en la medida en que se tengan disponibles grandes existencias de este componente no refinado. Una alternativa para generar valor a esta corriente y la más elemental de todas es su refinación en glicerina técnica, grado alimentario o farmacéutico.

El precio de venta de la glicerina en el mercado, varía actualmente entre S/. 0.9/ kg y S/. 2.2/ kg.

Empresa	Descripción	Link
Insuquímica SAC	<ul style="list-style-type: none"> - Empresa comercializadora de insumos químicos en Lima-Perú. - Compra glicerina la vende en presentaciones por bidón, galón y frasco. 	http://www.adoos.com.pe/post/28260524/glicerina_vergetal_usp_venta
Lab.farm. san Joaquin roxfarma S.A	<ul style="list-style-type: none"> - Compra glicerina. - Consumo aproximado 2250 kg mensual. 	http://www.quiminet.com/centro-negocios/se-requiere/8151657118357.htm
COGRA S.A	<ul style="list-style-type: none"> - Compra y venta de glicerina - Fabricantes de resina, ácidos graso destilado y poliuretano rígido. 	http://www.infocomercial.com/e/cogra-san89022.php
Alicorp	<ul style="list-style-type: none"> - Compra glicerina 	http://www.datosperu.org/peru-alicorp-Tasaa.php

Tabla 15: Empresas nacionales comercializadoras de glicerina cruda

7 DISEÑO DE PLANTA

7.1 METODOLOGÍA DE ESTUDIO:

La metodología que se tendrá en cuenta para determinar el diseño de la planta para la elaboración de biodiesel a partir de aceites de cocina usados se basa en el uso de juicios de expertos y de un conjunto de métodos presentados a continuación:

“Análisis de Inter – relaciones”, este método permitirá conocer la proximidad que se debe considerar entre las áreas que conformaran la planta de tratamiento.

“Tabla de Inter – relaciones”, este método permite conocer las razones por la cuales un área puede estar cerca a otra o conservar cierta distancia.

“Diagrama de Inter – relaciones”, este método permite mostrar gráficamente las relaciones entre cada actividad que se llevara a cabo dentro de la planta de tratamiento.

“Análisis de distancias”, método que considera las distancias rectilíneas y permite realizar las mediciones del centro de un departamento al centro de otro departamento para obtener los layout y luego proceder a escoger el más adecuado.

Las metodologías descritas fueron consultadas a un conjunto de expertos, de quienes se obtuvo un conjunto de recomendaciones para elaborar los siguientes apartados.

Antes de pasar a describir los siguientes apartados mencionamos el conjunto de expertos consultados:

1 Dr. Ing. José Luis Calderón Lama

2 Dr. Ing. Víctor Lizana Ríos

7.1.1 Localización:

La localización de la planta de tratamiento para la elaboración de biodiesel a partir de aceites de cocina usados es la ciudad de Piura, dado que la materia prima “aceites de cocina usados” para el proceso se obtiene Piura y Castilla.

7.1.2 Ubicación:

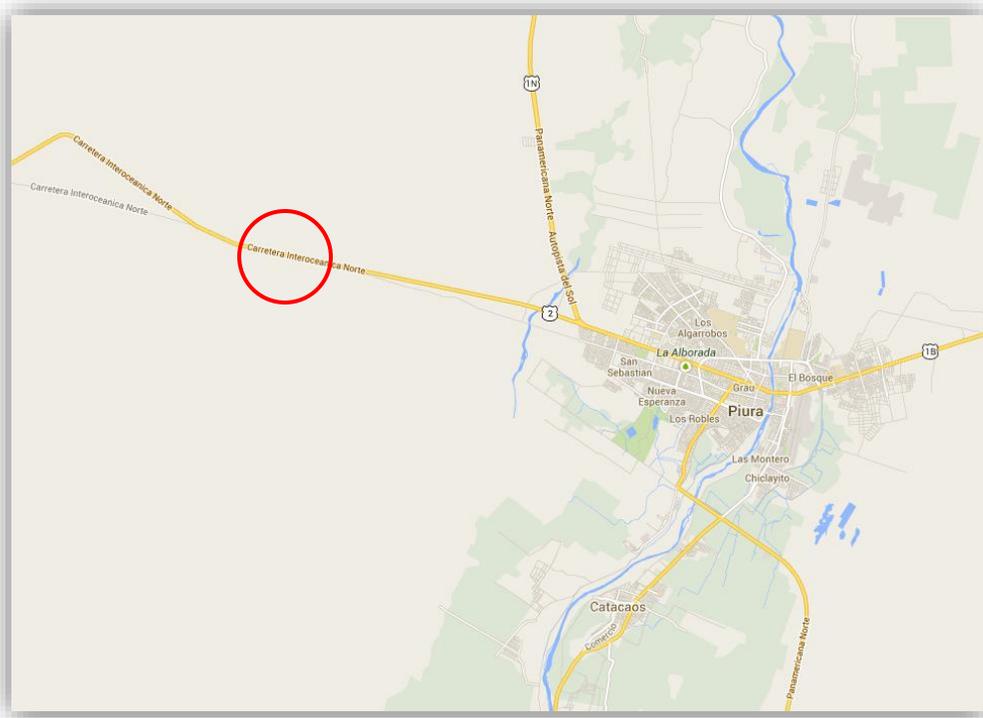
A continuación se muestra la tabla de análisis de análisis ponderado de las distintas posibilidades de ubicación para la planta de tratamiento. La metodología seguida para la construcción de la tabla fue la indicada por el Dr. Ing. Calderón Lama.

Factores	Pesos	Piura-Paita		Piura-Sullana		Piura-Chiclayo	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Tamaños de sitios	0.25	5	1.25	5	1.25	5	1.25
Servicios públicos	0.2	8	1.6	8	1.6	8	1.6
Medio de transporte	0.1	6	0.6	8	0.8	4	0.4
Costo de terreno	0.35	8	2.8	5	1.75	3	1.05
Condiciones sociales	0.1	3	0.3	4	0.4	2	0.2
TOTALES	1		6.55		5.8		4.5

Tabla 16: Análisis de Ubicación

Fuente: Elaboración propia con consulta a Dr. Ing. Calderón Lama

Como podemos observar, entre las tres posibles alternativas, la carretera Piura – Paita obtuvo un mejor puntaje. Podemos ubicar ésta alternativa en el siguiente mapa:



Mapa 1: Mapa de ubicación de la planta

Fuente: Google Maps

Existen varios terrenos disponibles en la carretera interoceánica (carretera Piura – Paita), los precios varían desde los US\$100000 hasta los US\$145000000 dependiendo de la extensión del terreno. La planta no requerirá de un área muy grande por lo que el precio del terreno tenderá a ser bajo. Un análisis detallado del área total requerida por la planta se mostrará en la distribución en planta.

7.2 NORMATIVA DE DISEÑO

A continuación se detalla la normativa publicada por (Ministerio de Energía y Minas) y que son de carácter obligatorio en el proceso de diseño de la planta de procesamiento de biocombustible. Cabe destacar que un detalle mayor de la normativa puede ser encontrado en la página web. Para efectos del proyecto hemos resumido dichos artículos, colocando lo más importante de cada uno.

7.2.1 Planta de procesamiento:

Artículo 16: Las plantas de procesamiento de hidrocarburos deberán ser diseñadas y construidas según normas nacionales. Si no se cuenta con estas normas deberán ser diseñadas con los códigos y estándares internacionales reconocidos en la industria y procesamiento de hidrocarburos, principalmente aspectos relacionados con la seguridad

del personal e instalaciones, control de la contaminación ambiental y conservación de energía.

Artículos 18: La Dirección General de Hidrocarburos aceptará el uso de otros códigos y estándares equivalentes para el diseño, construcción, operación o mantenimiento en el caso de que se incorporen nuevos desarrollos tecnológicos, nuevos productos o materiales siempre y cuando estos códigos y estándares tengan una aceptación normal en la industria internacional de procesamiento de hidrocarburos.

7.2.1.1 Diseño eficiente de energía

Artículo 19: Se deben incluir criterios que permitan la conservación y uso eficiente de la energía en el diseño de la planta de procesamiento de hidrocarburos.

7.2.1.2 Deficiencias de seguridad:

Artículo 21: Para poder reemplazar deficiencias en los aspectos de seguridad existentes, las plantas de procesamientos de hidrocarburos, según su complejidad, características de inflamabilidad de los productos manufacturados y grado de riesgo de las condiciones inseguras, deben presentar un programa de adecuación junto con el examen especial realizado por una empresa de Auditoría Técnica en el que describa las acciones e inversiones necesarias a efectuar.

El plazo de presentación de este programa es de seis meses a partir de la fecha de promulgación de este Reglamento.

7.2.1.3 Niveles de ruido permisibles:

Artículo 23: El diseño y construcción de las plantas de procesamiento de hidrocarburos deberán considerar que el nivel de ruido combinado de las instalaciones no sobrepase siguientes requerimientos:

- a) Respetar niveles máximos de ruido permisibles expuestos en los reglamentos vigentes en el Perú
- b) Respetar niveles de exposición al ruido permisible según el estándar OSHA 1910.95.
- c) Niveles de exposición de ruido permisible dentro de la planta, de acuerdo con las practicas reconocidas en la industria de hidrocarburos.

7.2.1.4 Materiales de procedencia nacional:

Artículo 24: Se deberá utilizar equipos de procedencia nacional para la construcción y equipamiento, materiales y equipos.

7.2.2 Disposición de la planta

7.2.2.1 Disposición de planta:

Artículo 25: Para desarrollar la disposición de la planta (layout) de procesamiento se debe considerar criterios de prevención, operabilidad, mantenimiento con seguridad de los equipos y lucha contra incendios, según normas y estándares de la NFPA (Asociación Nacional de protección contra incendios).

7.2.2.2 Espaciamiento reglamentado:

Artículo 26: En las plantas de procesamiento, el espacio entre unidades de proceso, servicios, tanques de almacenamiento, áreas exteriores y otros equipos debe seguir las distancias recomendadas por la Asociación de Aseguradores de Petróleo (OIA)

7.2.2.3 Espaciamiento menor

Artículo 27: Se debe evaluar y compensar el mayor riesgo con otras medidas de seguridad, como el uso de muros, o equipo adicional contra incendios en caso que se utilicen espacios menores a los establecidos.

7.2.3 Unidades de proceso:

7.2.3.1 Localización:

Artículos 28: En las plantas de procesamiento de hidrocarburos las unidades de proceso deberán localizarse a distancias de la línea de propiedad y edificaciones no menores a las recomendadas en los estándares NFPA según las características de inflamabilidad de los fluidos presión y tamaño de los recipientes involucrados.

7.2.3.2 Disposición de equipos:

Artículo 29: En las Unidades de proceso los equipos debe haber una adecuada disposición de equipos considerando los requerimientos de accesibilidad para la operación, mantenimiento, seguridad y lucha contra incendios, dando prioridad a rutas de evacuación rápida de personal en caso de emergencias.

7.2.3.3 Ubicación de los equipos:

Artículo 30: aquellos equipos que serán ubicados por encima del nivel de piso deben ser localizados por encima de la altura de un hombre de talla alta, o por debajo para lograr evitar golpes de cabeza al personal.

7.2.4 Servicios y áreas exteriores:

7.2.4.1 Sistemas de seguridad:

Artículo 32: Las unidades de proceso, por seguridad deben de localizarse lejos de los sistemas de generación y distribución de vapor, energía eléctrica, agua cruda, agua tratada y aire comprimido primordialmente a no menos de 35 m de distancia los equipos de proceso de los generadores de vapor y electricidad.

7.2.4.2 Tanques y recipientes de almacenamiento:

Artículo 37: Dependiendo de la naturaleza de los productos que se almacenan en los tanques y recipiente de almacenamiento de hidrocarburos estos deberán ser localizados en diques de contención de acuerdo a las normas y disposiciones que se establecen en el Reglamento de Almacenamiento de Hidrocarburos.

7.2.4.3 Tanques de almacenamiento. Localización:

Artículo 38: De acuerdo al Reglamento de Almacenamiento de Hidrocarburos los tanques recipientes de almacenamiento de hidrocarburos deberán ser localizados a largas distancias de la línea de propiedad.

7.2.5 Equipos y sistemas

7.2.5.1 Bombas:

Artículo 41: las bombas deberán:

Ser diseñadas, construidas, inspeccionadas y probadas de acuerdo con los siguientes códigos y estándares:

Para bombas centrífugas, el API 610 (Instituto Americano de Petróleo), HIS (Instituto de Estándares de Hidráulico) y AGMA (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes) 420.04 Y 421.06 o equivalentes.

Por ser fuente de fuga de material inflamable, deben ser localizadas lo más lejos posible de fuentes de ignición.

En caso de manejar combustibles a temperaturas mayores a 315°C, ser separadas de otras bombas.

En el caso en que las bombas de relevo se usen para protección personal o de equipo, deben ser provistas de un sistema de arranque automático.

Si manipulan hidrocarburos, deben ser provistas de sellos mecánicos.

Normalmente deben ser accionadas por motor eléctrico. Las bombas de relevo que deben operar durante los cortes de suministro eléctrico deberán usar turbinas a vapor.

Para bombas de servicio general de refinería que manipulan hidrocarburos se usaran bombas centrífuga API de servicio normal.

7.2.5.2 Tanques de Almacenamiento:

Artículo 45: La selección de material, diseño, fabricación y prueba de tanques cilíndricos verticales de acero de almacenamiento deberá ser realizado de acuerdo con los códigos y estándares ASTM (Sociedad de Pruebas y Materiales), API 650 Y 2510, ASME y ANSI o equivalentes.

7.2.5.3 Calderas:

Artículo 47: Los calderos deben ser diseñados, construidos, inspeccionados y probados de acuerdo con los códigos y estándares ASME, Calderos y Recipientes a Presión, Sección I, AISC, ANSI B31.1 y B31.3, o equivalentes.

Los calderos deben diseñarse a su punto de eficiencia óptima.

La altura de la chimenea deberá ser lo suficiente, para dispersar los efluentes gaseosos de acuerdo con los requerimientos del Reglamento de Protección Ambiental de Actividades de Hidrocarburos.

7.2.5.4 Sistema de tuberías:

Artículo 51: Los sistemas de tuberías deberán:

Ser diseñados, construidos, inspeccionados y probados según los códigos y estándares API Spec 5 L, 601, RP 520, RP 550; ANSI B16.5, 16.9, 16.11, 16.21, 31.3, 36.10 y 36.19; ASTM Y ASME sección I y sección VIII, NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra incendio) o equivalentes.

Las Líneas deberán seguir rutas cortas y con el menor número de accesorios, dejando espacio para expansión y flexibilidad.

Todas las líneas dentro de las unidades, excepto las líneas de ácido, soda cáustica y líneas con flujo pulsante, deberán ser aéreas, en soportes de tubería.

Las líneas que no puedan ir en forma aérea deberán ser instaladas sobre durmientes.

Al diseñar las tuberías se debe considerar la expansión y contracción térmica para las condiciones de arranque, operación, paro y limpieza con vapor para evitar tensiones en las tuberías, válvulas y equipos. De igual manera se usará curvas de radio amplio y cambios de dirección de tuberías. Las juntas de expansión serán usadas solamente en casos limitados cuando hay restricciones de espacio.

Las válvulas de seguridad de líquidos inflamables o de riesgo deben ser descargados a sistemas cerrados.

7.2.5.5 Sistemas de desagües

Artículo 52: Las refinerías y plantas de procesamiento de hidrocarburos deberán tener los siguientes sistemas, según sea la complejidad y tipo de unidad de proceso:

- Desagüe aceitoso, para colectar las aguas contaminadas con hidrocarburos.
- Desagüe limpio, para colectar las aguas normalmente libres de hidrocarburos.
- Desagüe Químico, para colectar las aguas que contiene ácidos y álcalis.
- Desagüe Sanitario, para colectar los efluentes de aguas servidas.
- Otros efluentes, que contienen asfaltos, ceras, parafinas y residuos pesados que solidifican a temperatura ambiente.

7.2.5.6 Sistemas Eléctricos

Artículo 56: Los sistemas eléctricos deberán ser seleccionados, diseñados e instalados de acuerdo con el Código Eléctrico del Perú, y los códigos y estándares NFPA N° 70 (NEC), NES de la NBS, API, ANSI, NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) e IEEE (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos) o equivalentes.

7.2.5.7 Conexión a Tierra

Artículo 58: Los sistemas de conexión a tierra de las instalaciones eléctricas, estructuras y equipos deberán ser diseñados y construidos de acuerdo con el Código Eléctrico del Perú y los códigos y estándares NFPA N°70(NEC), NFPA N° 78, NBSA, IEEE N° 1442 o equivalentes.

7.2.5.8 Sistemas de Iluminación

Artículo 59: Los sistemas de Iluminación deberán ser diseñados e instalados de acuerdo con las especificaciones del Código Eléctrico del Perú y códigos y estándares NFPA 70-NEC, NEMA y API RP 540, o equivalentes.

7.2.5.9 Cimentaciones y estructuras:

Artículo 60: El diseño de las cimentaciones de torres, recipientes y equipos, tanques de almacenamiento, estructuras de acero, soportes de tubería, edificios, pavimento y construcciones de concreto, deberá realizarse de acuerdo con los siguientes códigos y estándares:

Reglamento Nacional de Construcciones del Perú.

- ACI-318-83 Código de Requerimientos de Construcción para Concreto Reforzado, BCRRRC.
- ACI-318.1-83 Código de Requerimientos de Construcción para Concreto Estructural, BCRSPC.
- AISC Especificaciones para el diseño, fabricación, y erección de acero estructural para construcciones.
- ANSI A58.1-1982 Cargas Mínimas de Diseño para edificios y otras estructuras.
- UBC 1978 Código Uniforme de Construcción para diseño sísmico.

7.2.5.10 Recubrimiento a Prueba de Fuego:

Artículo 61: Los recipientes, estructuras de acero, soporte de recipientes y otros equipos que contengan material inflamable, instrumentos y cables eléctricos que sean importantes durante emergencias, deberán ser cubiertos con material a prueba de fuego, hasta una altura apropiada respetando los códigos y estándares ACI 305R, 318 y 506; ASTM C156, C171, C309, E84, E119, E136, E605; FM; ICBO; IBC; UL y API Publicación 2218 o equivalentes.

7.2.5.11 Aislamiento Térmico:

Artículo 62: Proveer de aislamiento térmico a todo equipo o tubería caliente con el cual pueda tener contacto el personal, de igual manera para minimizar las pérdidas de calor y conservar la energía en cuanto se justifique económicamente.

7.2.5.12 Sistema Contra Incendio:

Artículo 63: Las plantas de procesamiento de hidrocarburos deberán ser provistas de instalaciones y equipos contra incendios acorde a su tamaño, complejidad y características de los productos que manufacturan, de acuerdo con las normas establecidas en el Reglamento de Seguridad para las Actividades en Hidrocarburos.

7.3 DISEÑO DE DISPOSICIÓN EN PLANTA

A continuación se muestra el diseño de disposición en planta para la producción de biodiesel. El diseño se ha realizado haciendo uso de conocimientos básicos de diseño de operaciones, teniendo en cuenta los pasos a seguir para el correcto diseño de la planta.

7.3.1 Departamentos y áreas respectivas

Para el cálculo de las áreas se consideraron los tamaños regulares usados en las distintas áreas en proyectos similares. El área de producción al ser el único área que requiere alta personalización, fue diseñada tomando en cuenta el análisis de Guerchet detallado en el apartado de Evaluación y Selección de Equipos.

Símbolo		Departamentos	Área en m ²
	1	Patio de maniobras de ingreso y salidas	35
	2	Área de recepción y almacenamiento de materia prima	12
	3	Baños y vestidores para personal obrero	20
	4	Área de producción	420
	5	Laboratorio	20
	6	Estacionamiento	32
	7	Caseta de vigilancia	4
	8	Oficinas administrativas	20
	9	Baños de personal administrativo	30
	10	Almacenamiento de biodiesel	110

A continuación se presentan los diagramas de interrelaciones de 2 modelos distintos a partir de los cuáles se plantean las alternativas de diseño de disposición en planta.

Modelo 1

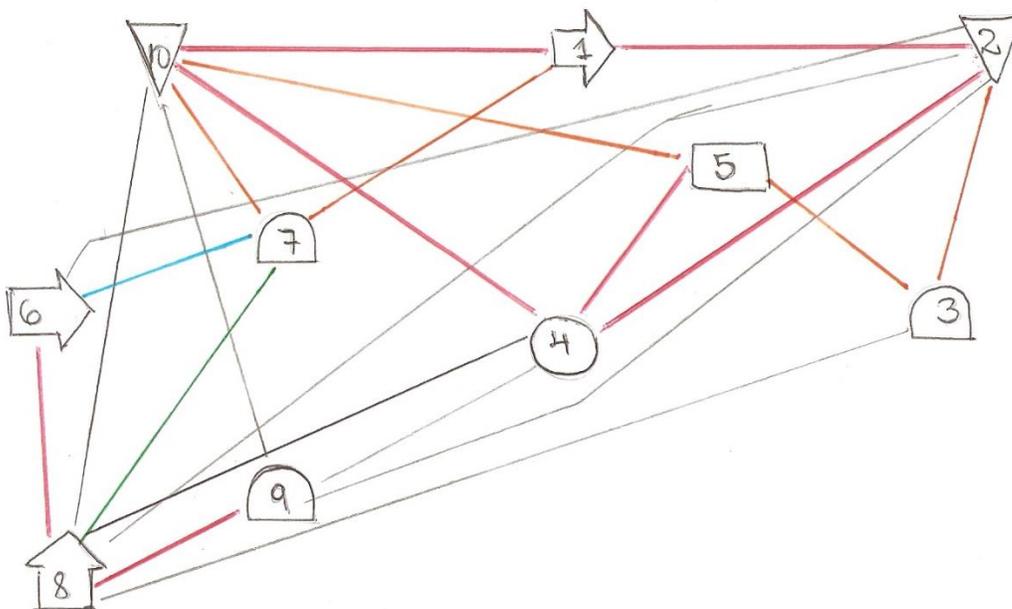


Diagrama de interrelaciones 1

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

Rojo	Relación A
Naranja	Relación E
Verde	Relación I
Celeste	Relación O
Plomo	Relación X
Negro	Relación XX

Modelo 2

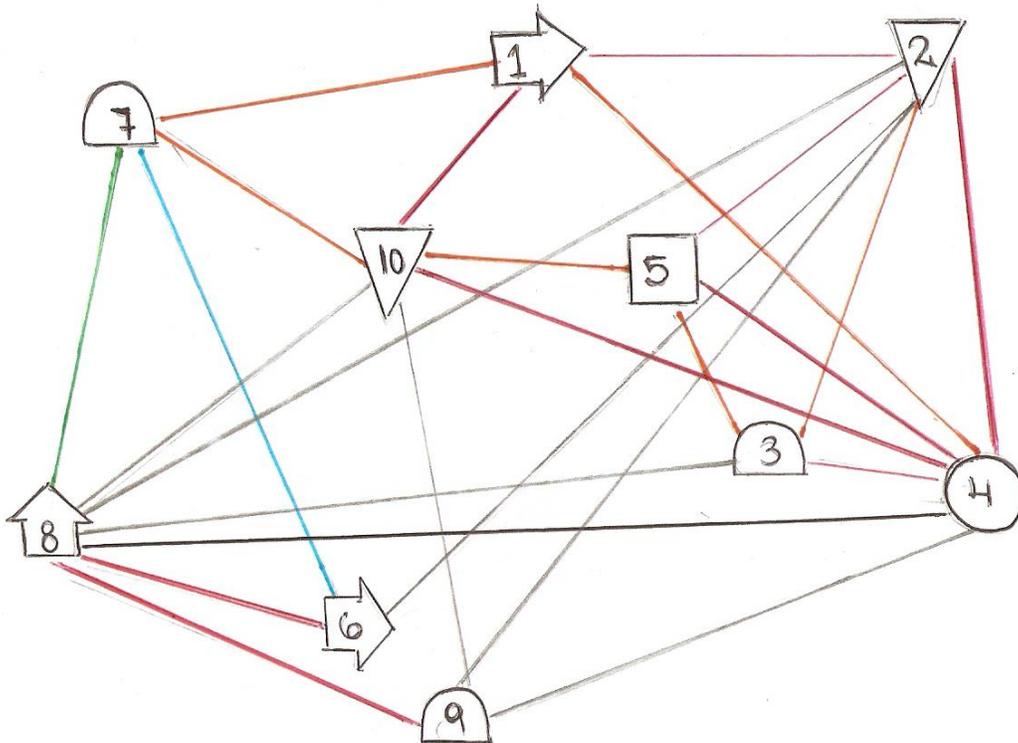


Diagrama de interrelaciones 2

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

Rojo	Relación A
Naranja	Relación E
Verde	Relación I
Celeste	Relación O
Plomo	Relación X
Negro	Relación XX

Continuando con el análisis, se construyeron los dos diagramas de bloques correspondientes a los modelos previamente planteados.

Modelo 1

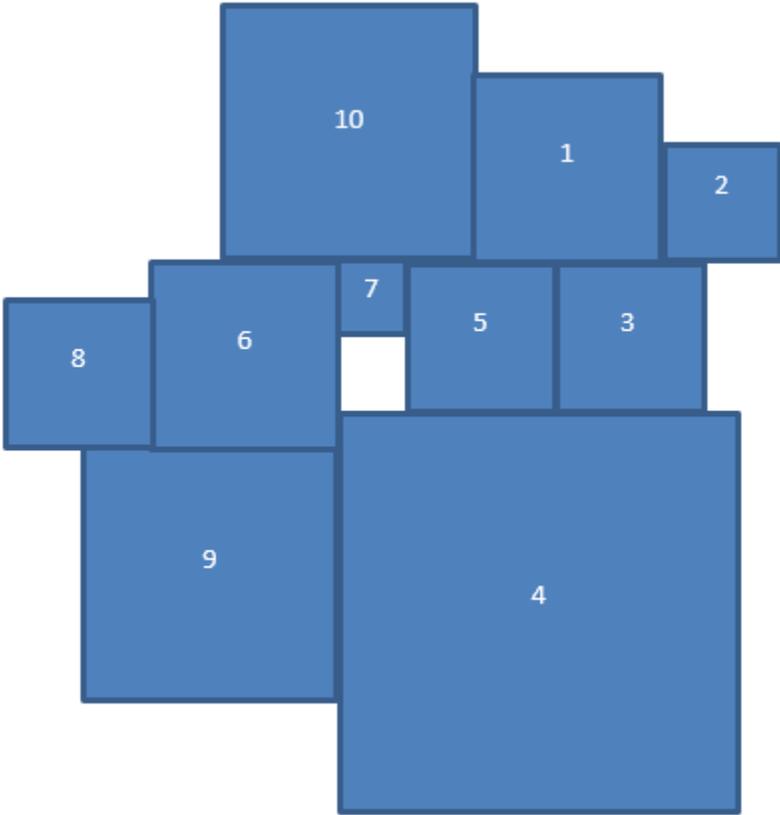


Diagrama de Bloques 1

Fuente: Elaboración propia

Modelo 2

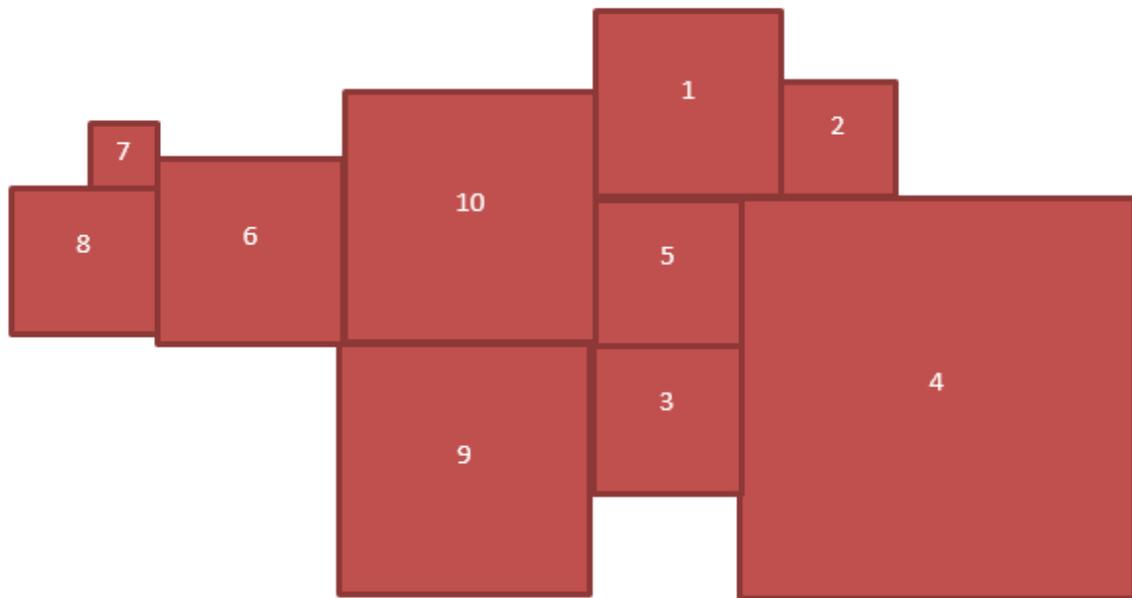
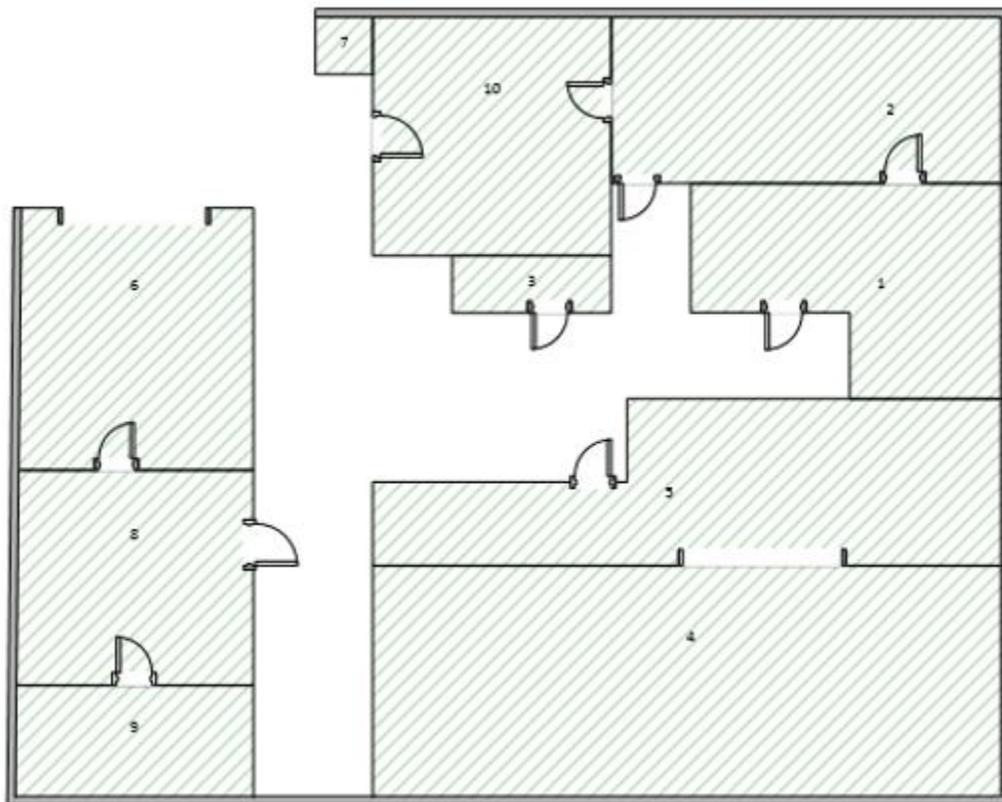


Diagrama de bloques 2
Fuente: Elaboración propia

Finalizando la parte gráfica del estudio pasamos al diseño a detalle de ambas alternativas. En estos diseños podemos observar cuál será la distribución final de las áreas de la planta. Así como puertas de ingreso, patios, etc.

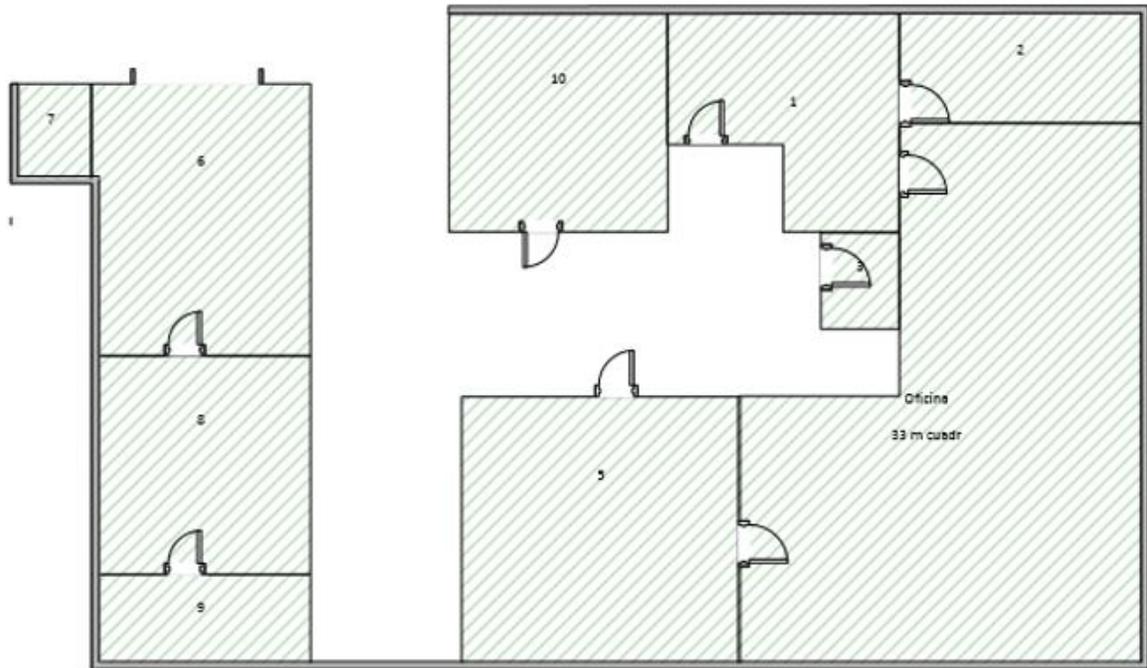
Modelo 1



Diseño a detalle 1

Fuente: Elaboración propia

Modelo 2



Diseño a detalle 2

Fuente: Elaboración propia

7.3.4 Evaluación de alternativas

Se hizo uso del método de evaluación de alternativas otorgado por el Dr. Ing. Calderón Lama. Los pesos y puntajes otorgados a cada criterio fueron asignados por criterio del equipo con apoyo del experto mencionado.

	Criterios	Peso	Diseño 1		Diseño2	
			Puntaje	Valor	Puntaje	Valor
1	Seguridad de trabajo, satisfacción y control	10	5	50	4	40
2	Condiciones de trabajo	20	4	80	3	60
3	Efectividad de almacenamiento	30	4	120	4	120
4	Se ajusta mejor a las interrelaciones	15	5	75	3	45
5	Mejor área total	10	4	40	3	30
6	Mejores recorridos	15	4	60	3	45
Total		100		425		340

Luego de calificar según los criterios expuestos en esta tabla ambos diagramas, llegamos a la conclusión que el diseño número 1 es el mejor entre ambas alternativas. Es por esto que consideraremos el diseño 1 como el diseño de disposición en planta a usar.

7.4 MAPRO

A continuación se detalla mediante un mapa de procesos las actividades de mayor relevancia en la planta diseñada. Es importante mencionar que el detalle del proceso de producción de la planta se proporcionó previamente en la descripción del diagrama de flujo, por lo que se recomienda que el lector preste especial atención a dicho apartado para la correcta comprensión del proceso siguiente

En el mapro se observan en la primera columna las áreas de la empresa descritas en el apartado de diseño de la planta. Cada una de las áreas involucradas en el proceso respectivo aparecen, y aquellas que no tienen relación al proceso no son incluidas.

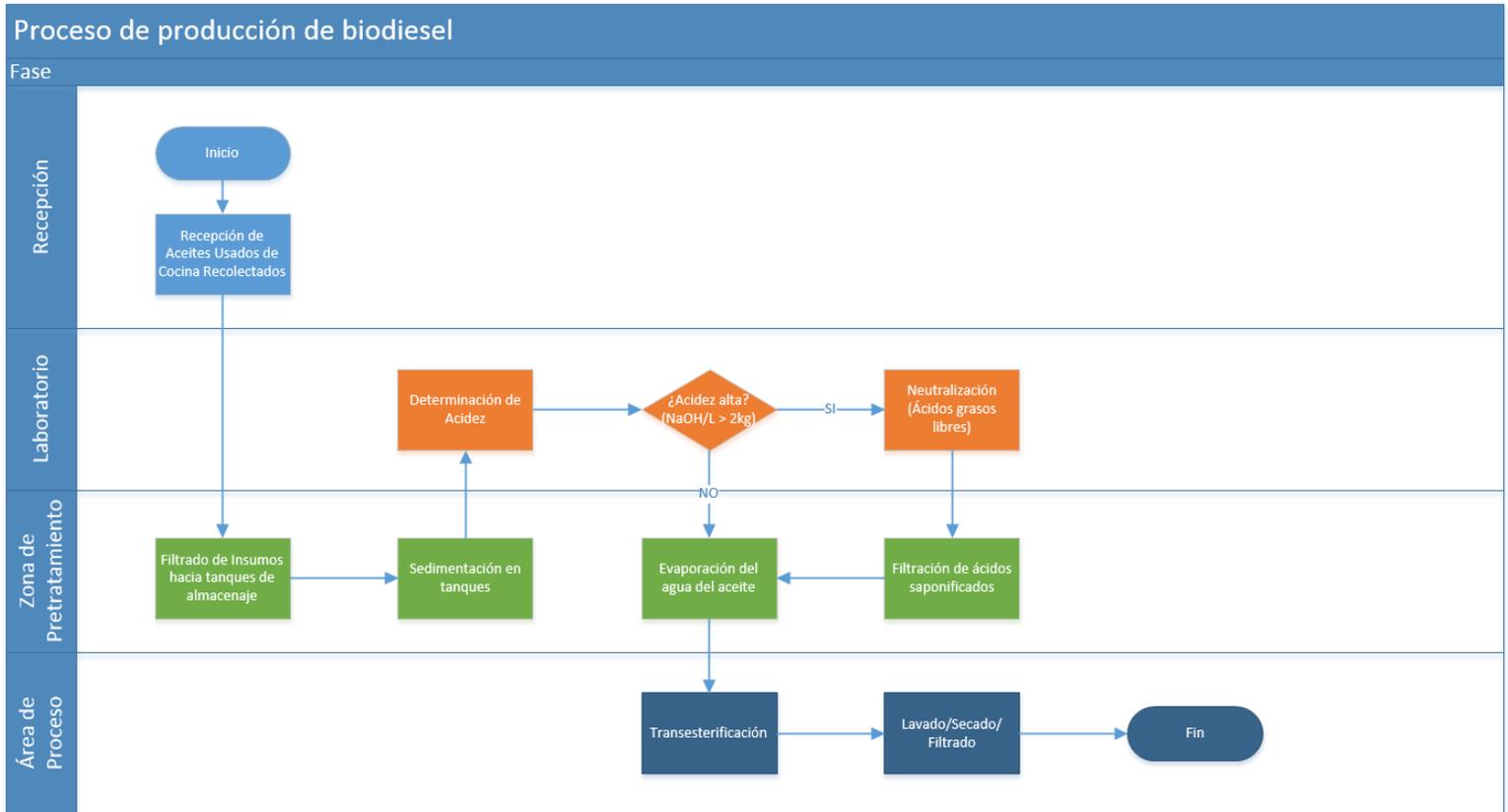


Diagrama 2: Proceso de producción de Biodiesel

Como ya ha sido propuesto, para que la transesterificación se lleve a cabo de manera eficiente es necesario que el aceite sea previamente neutralizado. Para esto se realiza un análisis de laboratorio para determinar la acidez del aceite que ingresa a la planta y así poder calcular la composición exacta de metóxido que requiere para ser neutralizado correctamente. El proceso de neutralización se detalla en el siguiente diagrama:

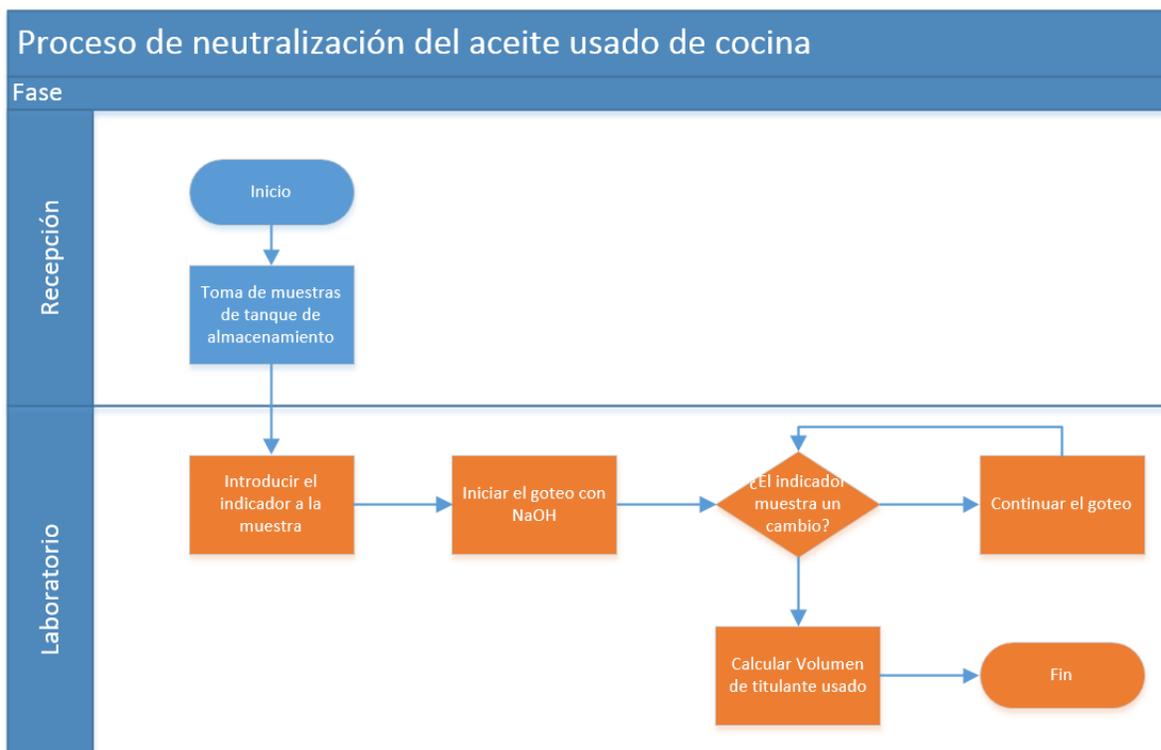


Diagrama 3: Proceso de Titulación y Neutralización del Aceite Usado de Cocina

8 SISTEMA DE RECOLECCIÓN

8.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para el diseño del sistema de recolección de aceites usados, se hará uso del heurístico para el problema del agente viajero. Su aplicación es conocida por los integrantes del equipo de proyecto, por lo que apoyándose de un software para la resolución de éste tipo de heurísticos, se hizo el análisis correspondiente. El nombre del software es Grafos, y la capacitación para su correcto uso fue obtenido en el curso de Investigación de Operaciones I.

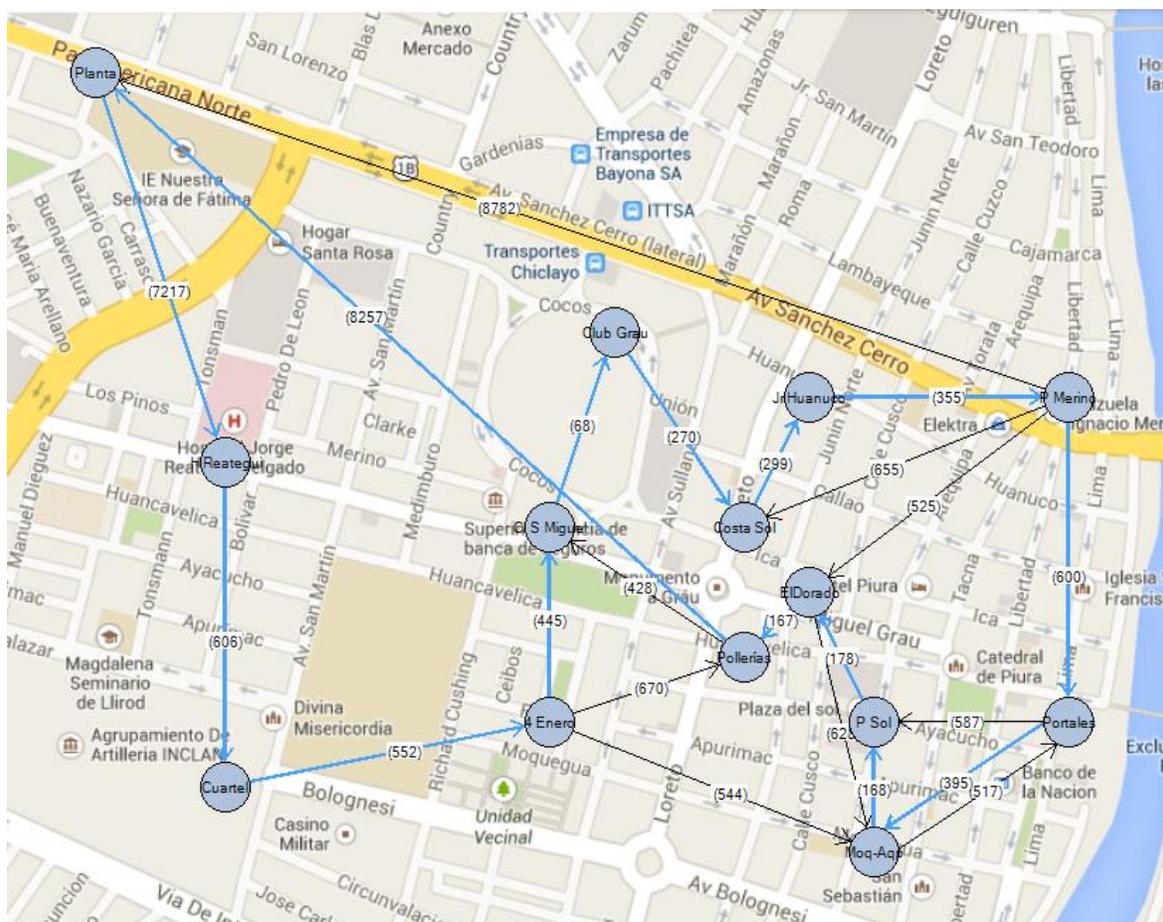
8.2 DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE RECOLECCIÓN

El software Grafos permite un análisis exhaustivo de todas las posibles rutas existentes. Para ello solo basta con ingresar cada uno de los puntos de recolección al programa y determinar las distancias de los arcos de conexión entre puntos. La determinación de los puntos de recolección y las distancias se realizó en AutoCAD debido a que trabaja con coordenadas reales. El plano de Piura fue proporcionado por la Municipalidad Provincial de Piura. La determinación de los puntos se hizo tomando en cuenta la densidad poblacional y el nivel socioeconómico que predomina en la zona. En total se graficaron 43 puntos de recolección, considerando los principales locales comerciales y las zonas residenciales de importancia por la oferta de aceites usados de cocina que pueden aportar. Debido a que el centro de Piura está restringida al ingreso de camiones cisterna,

la alternativa evaluada fue el uso de un mini-camión cisterna, que sí esté autorizado a ingresar.

8.3 DISEÑO DE LA RUTA ÓPTIMA

Red de ruta óptima de recolección de aceites usados de cocina en el centro de Piura



Leyenda:

- Ruta Óptima.
- La planta se encuentra a las afueras de Piura camino Piura-Paita.

El recorrido optimo es: 19577.00 metros.

Recorrido óptimo:

Planta → Hospital Reátegui → Cuartel → 4 Enero → CI San Miguel → Club Grau → Costa Sol → Jr. Huánuco → Plaza Merino → Portales → Moquegua-Arequipa → Plaza Sol → El Dorado → Pollerías → Planta.

Tabla de distancias (en metros) de la red mostrada anteriormente

Origen/Des tino	Plan ta	Hp. Reátegui	Cuart el	4 de Enero	Cl. San Miguel	Club Grau	Cost a del Sol	Jr. Huánuco	Plaza Merino	Hotel los Portales	Moque- Arequipa	Plaza del Sol	El Dorado	Pollerías
Planta		7217												
Hp. Reátegui			606											
Cuartel				552										
4 de Enero					445						544			670
Cl. San Miguel						68								
Club Grau							270							
Costa del Sol								299						
Jr. Huánuco									355					
Plaza Merino	8782						655			600			525	
Hotel los Portales											395	587		
Moque- Arequipa										517		168		
Plaza del Sol													178	
El Dorado											628			167
Pollerías	8257				428									

Recorrido óptimo:

Planta → Hospital Santa Rosa → Tallanes → Dos jarras → Alborada → Mercedes → Residencial Piura → Urb. Bancarios → El chical → Santa Ana → Real Plaza → Monterrico → Urb. San Miguel → Plaza de la Luna → Jr. Marañón – Jr. Lambayeque → Cajamarca – Junín → Arequipa – Lambayeque → La Fogata → Chirichigno → Clínica Belén → Santa Isabel → Ex. Molino → Los topacios → Hospital Regional → Los Geranios → Hospital militar → Pedro Ruiz Gallo → Robles → Amatistas → Open Plaza → Urb. El chipe → Los Cocos del Chipe → La Rivera → Los Ejidos → Los Geranios → Santa María del Pinar → Laguna del chipe → Vicus → Country Club → Hotel el Angolo → El Capuccino → Urb. San Felipe → Urb. Angamos → Pachitea → Planta.

La creación de tablas de distancias como en la primera ruta, requiere de la separación de la tabla en varias pequeñas. Se pide al lector la comprensión de las siguientes tablas considerando lo anterior.

Origen/Destino	Country Club	Capuccino	San Felipe	Angamos	Pachitea	Santa Isabel	P.R.G.
Clinica Belén					821		
Ex. Molino						354	
Htal. Regional							
Geranios							
Robles							
Ht. El Angolo		313					
Htal. Militar							2532
Vicus	454						
Country Club							
Capuccino			295				
San Felipe				152			
Angamos					376		

Tabla de distancias (en metros) de la red mostrada anteriormente

Origen/Destino	Planta	Hp. Reátegui	Cuartel	4 de Enero	Cl. San Miguel	Club Grau	Costa del Sol	Jr. Huánuco	Plaza Merino	Hotel los Portales	Moque-Arequipa	Plaza del Sol	El Dorado	Pollerías
Planta		7217												
Hp. Reátegui			606											
Cuartel				552										
4 de Enero					445						544			670
Cl. San Miguel						68								
Club Grau							270							
Costa del Sol								299						
Jr. Huánuco									355					
Plaza Merino	8782						655			600			525	
Hotel los Portales											395	587		
Moque-Arequipa										517		168		
Plaza del Sol													178	
El Dorado											628			167
Pollerías	8257				428									

Tabla de distancias (en metros) de la red mostrada anteriormente

Origen/Destino	Country Club	Capuccino	San Felipe	Angamos	Pachitea	Santa Isabel	P.R.G.
Clinica Belén					821		
Ex. Molino						354	
Htal. Regional							
Geranios							
Robles							
Ht. El Angolo		313					
Htal. Militar							2532
Vicus	454						
Country Club							
Capuccino			295				
San Felipe				152			
Angamos					376		

Tabla de distancias (en metros) de la red mostrada anteriormente

Origen/Destino	Ht. El Angolo	Htal. Militar	Amatistas	Topacios	Open Plaza	Urb. El Chipe	Cocos del Chipe	La Rivera	Ejidos	Geranios	Sta. María Pinar	Lag. chipe	Vicus
Ex. Molino				501									
Htal. Regional													
Geranios		789											
Robles			930										
Ht. El Angolo													
Htal. Militar													
Amatistas				696	737								
Topacios					239								
Open Plaza						894							
Urb. El Chipe							1015						
Cocos del Chipe								598					
La Rivera									765				
Ejidos										923			
Geranios											463		
Sta. María Pinar												415	
Lag. chipe													639
Vicus													
Country Club	138												

Tabla de distancias (en metros) de la red mostrada anteriormente

Origen/Destino	Planta	Dos Jarras	Plaza de Luna	Htal. Rosa	Tallanes	Alborada	Mercedes	Res. Piura	Bancarios	Chilcal	Sta. Ana
Planta				3934							
Dos Jarras						605					
Plaza de Luna											
Htal. Rosa					948						
Tallanes		383				860					
Alborada							557				
Mercedes								496			
Res. Piura									290		
Bancarios										398	435
Chilcal											320
Sta. Ana										324	
Monterrico											
R. Plaza											378
Urb. S. Miguel			284								
Pachitea	7285										

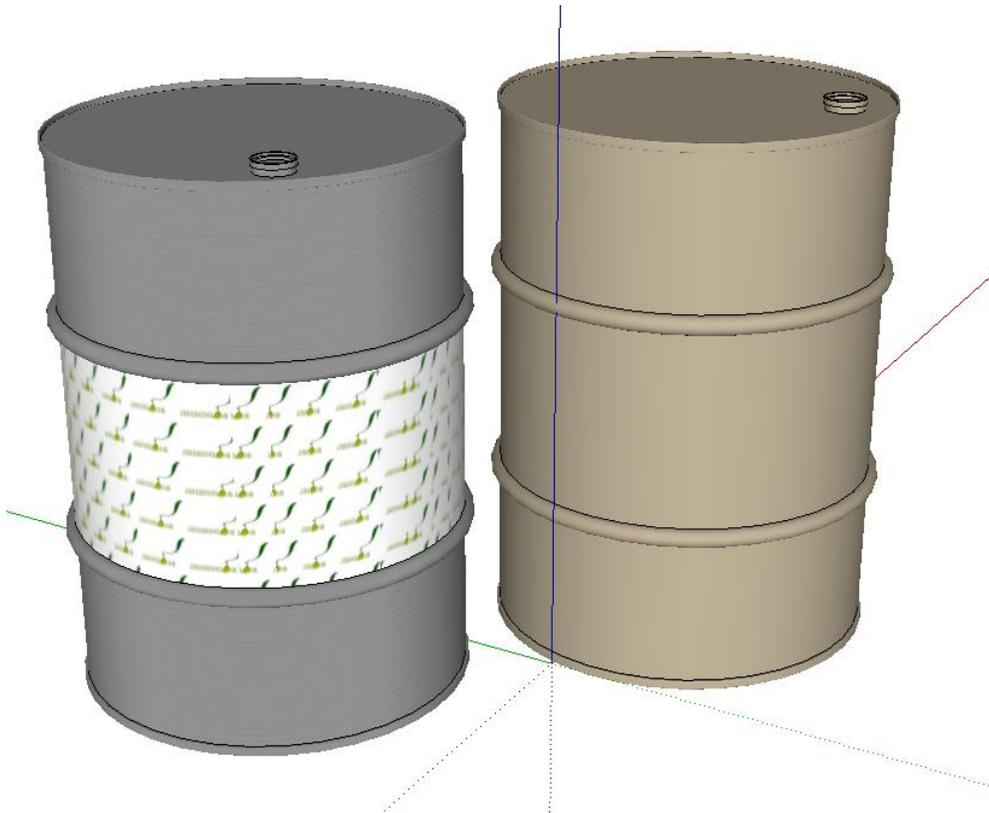
Tabla de distancias (en metros) de la red mostrada anteriormente

De dicho análisis se concluye que la ruta óptima requiere de dos camiones (un camión hará la ruta larga y el otro será especial únicamente para el centro de la ciudad debido a la restricción del tamaño del transporte que está autorizado a ingresar al centro impuesta por la Municipalidad Provincial de Piura). Para el primer transporte mencionado la longitud de la ruta óptima es 37.438km. Para el segundo transporte mencionado la longitud de la ruta óptima es 19.577km.

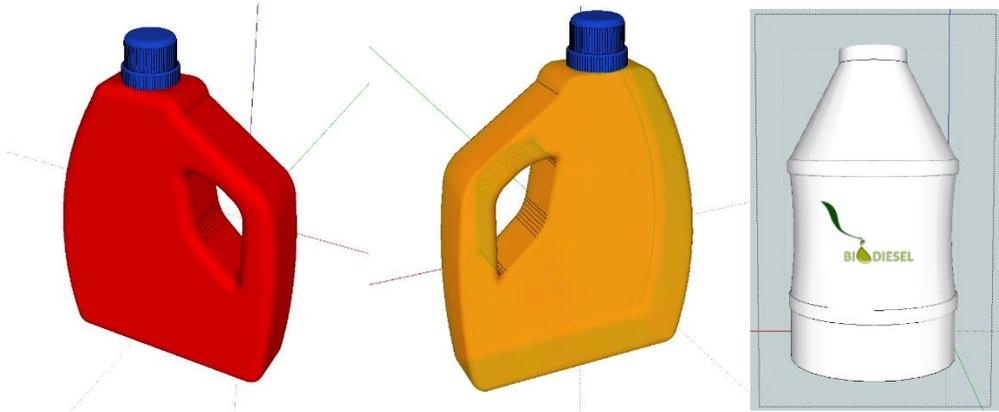
8.4 DISEÑO DE CONTENEDORES

Para el diseño de los contenedores se hizo uso del software Google Sketch Up para poder realizar el modelado virtual de los distintos contenedores del aceite.

Para el transporte de los aceites de restaurantes y alojamientos, los recipientes modelados fueron barriles de capacidad estandarizada.

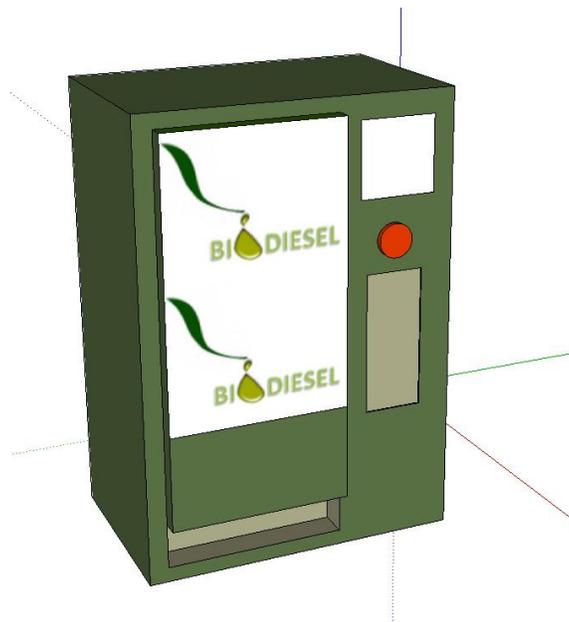


Para asegurar el transporte de una cantidad considerable de aceite y asegurar a la vez un buen almacenamiento del aceite en hogares, se ha diseñado un recipiente capaz de almacenar el aceite y que permita ver la cantidad de aceite sin dejar ver mucho el contenido del envase.



De los 3 envases diseñados, el que mayores ventajas parece ofrecer es el del medio. Esto se debe a que el color disfraza el contenido del aceite del envase, mientras su característica media transparente permite conocer el nivel de llenado. El asa permite no ensuciarse al manipular el envase y la boca ancha evita accidentes al momento de llenarlo.

Para que las personas depositen el aceite que usan semanalmente, se diseñó el siguiente prototipo. Es una máquina que permite el almacenaje del aceite, en un barril ubicado internamente. Esta máquina contará con instrumentos de medición de peso que permitan a la compañía saber el nivel de llenado del depósito. De ésta manera se evitará ir a puntos de recolección que tengan poco asiento y por tanto se aumentará la eficiencia del sistema de recolección de aceites en general



8.6 ANÁLISIS DEL TRANSPORTE

Para la recolección de aceites usados de cocina se ha tenido que realizar un análisis del transporte, para ello se ha evaluado la capacidad de carga, que cumplan con la normativa que regula el transporte de mercancías peligrosas, seguridad del conductor, rendimiento, efecto de frenado, bajas emisiones, entre otros.

Dichos aspectos se han evaluado en diferentes marcas de camiones como: MAN, SCANIA, NISSAN, VOLVO Y RENAULT.

El resultado del análisis arroja que es más conveniente tanto para el transporte de aceite usado de cocina como para el conductor la marca VOLVO puesto que sus vehículos se caracterizan por:

- Capacidades de carga necesaria (32000 y 18000 L).
- Vehículos especialmente preparados en la fábrica con adaptación para ADR, una normativa europea que regula el transporte de mercancías peligrosas.
- Cabinas de alta comodidad para el conductor para que este pueda trabajar en buenas condiciones ya que el vehículo cuenta con sistema de aire acondicionado, sistema airbag, cinturones de seguridad y sus asientos han sido diseñados teniendo en cuenta la correcta postura (Ergonomía) del conductor.
- Disponen de VEB+, el freno de motor patentado de Volvo.
- Chasis neumático.
- Excelente facilidad de conducción con caja de cambios I-Shift e innovaciones en seguridad.
- Cambio de marchas sin interrupción en la transmisión de potencia.
- Tiene una potencia de 480 CV provenientes de un motor de 13 litros que permiten aportar un enorme par de 2400 NM.
- Alto rendimiento puesto que el motor funciona a base de Diesel y/o Biodiesel.
- El intervalo de cambio de aceite es una vez cada 70 000-100 000 Km.
- Utilizan filtros (sistemas de recolección de partículas) que reducen la cantidad de partículas liberadas, mientras que el catalizador quema eficazmente los gases de escape en condiciones controladas. Este filtro reduce con efectividad la emisión de sustancias perjudiciales para la salud: monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas de hollín, en los gases de escape. El filtro cerrado reduce entre un 80 y un 95% las emisiones que afectan a la salud, al tiempo que mantienen intacta la potencia del motor. (Volvo, 2011)

9 PRUEBAS DE LABORATORIO

9.1 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

9.1.1 Objetivo:

Utilizar los resultados obtenidos en el laboratorio, para comparar los parámetros obtenidos en el experimento, con los parámetros exigidos por el mercado, y determinar si estos valores cumplen con las especificaciones del cliente.

9.1.2 Metodología:

La metodología a seguir para el desarrollo de este apartado consistió en las siguientes etapas:

- Realización de los diagramas de flujos correspondientes al proceso.
- Realización de las operaciones unitarias existentes en el proceso.
- Comparación de la obtención de biodiesel a partir de aceite nuevo con aceite usado de cocina.
- Comparación de la obtención de biodiesel, usando como insumos en la transesterificación, el metanol y el hidróxido de sodio.
- Elaboración de balance de materia para cada operación unitaria.
- Elaboración del análisis de resultados.

9.2 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

9.2.1 Equipos:

Durante la elaboración del biodiesel se hizo uso de varios equipos que ayudaron y/o facilitaron la elaboración del mismo. A continuación se mencionan los equipos y/o instrumentos utilizados en cada una de las etapas del proceso de producción de biodiesel a partir de aceites usados.

Proceso	Equipos	Adicional
<i>Primera filtración</i>	<ul style="list-style-type: none">– Tela y malla metálica– Matraz– Vasos precipitados	Para reparar las partículas en suspensión presentes en el aceite usado.
<i>Sedimentación</i>	<ul style="list-style-type: none">– Depósito plástico	
<i>Determinación de acidez</i>	<ul style="list-style-type: none">– Bureta– Vasos precipitados– Pinza– Soporte universal– Enlenmeyer	

Proceso	Equipos	Adicional
<i>Neutralización- evaporación- transesterificación.</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Campana extractora – Agitador – Erlenmeyer 	
<i>Segunda filtración</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Matraz kitasato – Bomba al vacío – Manguera 	Para eliminar los primeros rastros de glicerina.
<i>Decantación</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Soporte universal – Pinzas – Peras de decantación 	
<i>Lavado</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Piedra difusora – Manguera – Bomba oxigenadora – Pera de decantación 	
<i>Secado</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Olla de acero inoxidable – Termómetro – Cocina eléctrica 	
<i>Viscosidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Viscosímetro de Ostwald – Vasos precipitados 	Se comparó la viscosidad del biodiesel a partir de aceite usado, biodiesel a partir de aceite nuevo y del diésel.

9.2.2 Insumos:

Para la elaboración del biodiesel se hizo uso de los siguientes insumos:

- Metanol
- Hidróxido de Sodio

Es preciso señalar que los insumos utilizados para este proceso sólo han sido mencionados en este apartado porque se han definido con detalle en el Marco Teórico.

9.3 EXPERIMENTACIÓN

9.3.1 Filtración

- Colocar una malla metálica y una tela en una olla de acero inoxidable.
- Medir la cantidad de aceite a utilizar. Para este experimento se filtró medio galón de aceite usado (1.893 litros)
- Vaciar el aceite a la olla detenidamente. Aparición de grumos de residuos sólidos atrapados en el filtro.
- El proceso se repite hasta que la tela quede libre de grumos. Para este experimento el proceso se repitió tres veces. Ver Fig. 1



Fig. 1

9.3.2 Sedimentación

- Dejar reposar el aceite filtrado por lo menos 24 horas para que el resto de residuos sólidos queden en el fondo del recipiente.



Fig. 2

9.3.3 Determinación de la acidez

- Mezclar 50mL de alcohol con dos gotitas de fenolftaleína y NaOH 0.1M.
- Vaciar NaOH en una bureta, se midió el gasto de este.
- Mezclar 10 mL de aceite con el alcohol que contiene fenolftaleína y NaOH en un Erlenmeyer.
- Abrir la llave de la bureta de tal manera que el NaOH se mezcle con el aceite. Cerrar la llave hasta que se note el cambio del aceite a color rosado.
- Anotar el gasto del NaOH, es decir cuánto NaOH fue necesario utilizar para que el aceite cambie de color. Para el caso del aceite usado el gasto fue 9mL y para el aceite nuevo el gasto fue 0.3mL.
- Determinar el x (grado de acidez), si este es mayor a 2g de NaOH/ml, el aceite debe neutralizarse.

ACEITE USADO (gasto=9mL)

$$n = V \times M = 9 \times 0.1 \times 10^{-3}$$

$$m = n \times PF = n \times 40$$

$$x = m/V = 0.036/10\text{mL} = 3.6 \text{ g} > 2\text{g}$$

Como $x > 2\text{g}$ se tiene que neutralizar el aceite.

ACEITE NUEVO (gasto=0.3mL)

$$n = V \times M = 3 \times 10^{-5}$$

$$m = n \times PF = 1.2 \times 10^{-3}$$

$$x = m/V = 1.2 \times 10^{-3}/10\text{mL} = 0.12 < 2\text{g}$$

Como $x < 2\text{g}$ el aceite ya es neutro.

9.3.4 Neutralización

- Por cada litro de aceite se debe disolver 20mL de agua y X g de NaOH. En este caso, se usó 5mL de agua y 0.9 g de NaOH.
- Cuando el NaOH esté bien disuelto, se debe agregar lentamente y con mucho cuidado al aceite, removiendo con constancia. Se verá que se empiezan a formar pequeños grumos, que son jabones producidos al reaccionar el NaOH con los ácidos grasos libres.
- Después de que todo esté bien mezclado, filtrar nuevamente el aceite a fin de separar el jabón que se formó.

9.3.5 Evaporación y Transesterificación

- Hervir a 50°C el aceite en una cocina eléctrica.
- Para transesterificar se utiliza 200mL de metanol y x g de NaOH por litro de aceite. En una primera prueba utilizamos 50mL de etanol con 3.6 g de NaOH para los 250mL de aceite usado.
- Disolver los gramos de NaOH en el etanol y mover en un agitador magnético hasta que esté bien disuelto.

- Mezclar la solución con los 250mL de aceite usado y seguir agitando, tener en cuenta que la temperatura se debe mantener a 50°C.
- Seguir agitando por aproximadamente 1 hora hasta que la glicerina sea visible. En el experimento en el que se usó etanol no se llegó a notar la formación de glicerina, por lo que se optó realizar un nuevo experimento usando metanol.

9.3.6 Filtración

- Se filtró al vacío con papel de filtro rápido, esta técnica es más rápida que la filtración por gravedad. La fuerza impulsora para que el líquido atraviese el filtro es la que ejerce la presión atmosférica cuando aplicamos el vacío al sistema. Ver Fig. 3

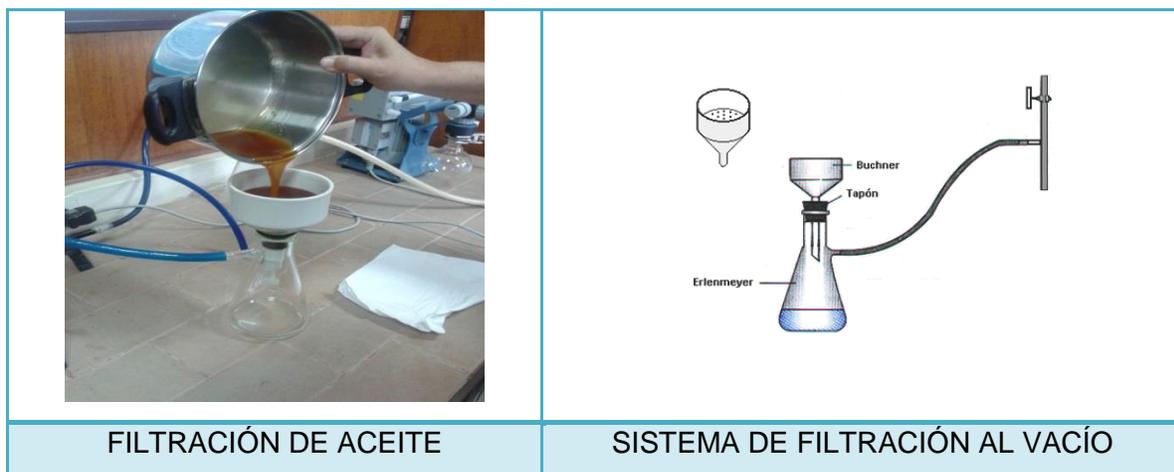
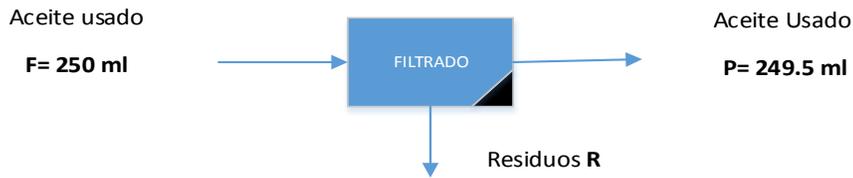
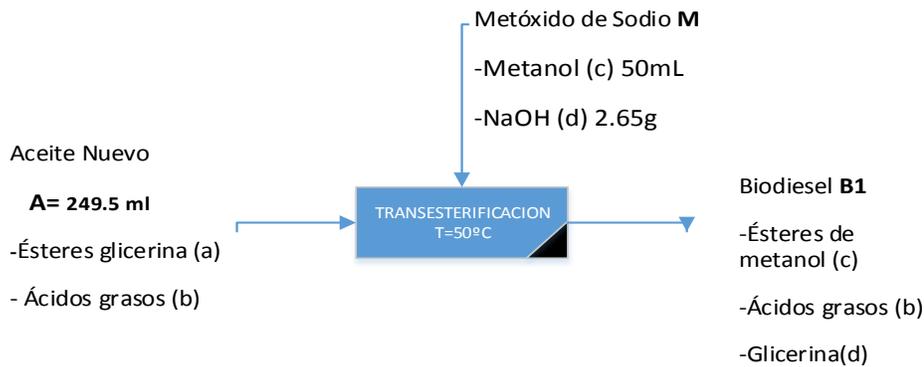


Fig. 3

9.4 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA



Balance de Materia $F=R+P \longrightarrow R= 250-249.5= 0.5\text{mL}$



$\rho \text{ NaOH} = 2.13\text{g/cm}^3 \longrightarrow m = 1.244 \text{ mL de NaOH}$

$M = 50\text{mL} + 1,244 = 51.244 \text{ mL.}$

-97.6% de Metanol
-2.4% de NaOH

Balance de Materia $A+M= B1 \longrightarrow 249.5+51.244= 300.74\text{mL de Glicerina y Biodiesel}$

$Q \text{ TOTAL} = Q \text{ aceite} + Q \text{ metanol} + Q \text{ NaOH, donde } Q = \text{FlujoxCpx}\Delta T$

$Q \text{ aceite} = (249.5\text{mL})(0.85\text{g/mL})(0.458\text{cal/g}^\circ\text{C})(50-25) = 2571.4\text{cal} = 10.763\text{kJ}$

$Q \text{ metanol} = (50\text{mL})(0.7866\text{g/mL})(0.599\text{cal/g}^\circ\text{C})(50-25) = 588.97\text{cal} = 2.465\text{kJ}$

$Q \text{ NaOH} = (1.244\text{mL})(2.13\text{g/mL})(0.35\text{cal/g}^\circ\text{C})(50-25) = 23.19\text{cal} = 97\text{J}$

Entonces Q total 13.33kJ

9.5 ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS

El proceso de elaboración de biodiesel se lleva a cabo mediante la aplicación de las siguientes operaciones unitarias:

- Filtración
- Sedimentación
- Evaporación
- Transesterificación
- Decantación
- Lavado
- Secado

Al igual que los insumos, estas operaciones han sido definidas con más detalle en el punto “Análisis de las operación unitarias” perteneciente a la fase Diseño del proceso a escala Industrial y no se ha creído conveniente explicarlo nuevamente.

9.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuando se realiza el proceso de filtrado, los residuos obtenidos representan el 0.2 % del volumen inicial de aceite usado, el cual correspondía a 250 mL, por lo que el volumen de residuos es de 0.5 mL.

Luego del calentamiento respectivo a 50°C se realiza el proceso de Transesterificación. Los 248.5 mL restantes son mezclados con 1.24 mL de NAOH y 50 mL de Metanol. Luego que ocurre la reacción, se obtiene 300.74 mL de Biodiesel más glicerina.

Para separar la glicerina del biodiesel se deja decantar, para posteriormente obtener 230 mL de biodiesel.

Comparando el volumen inicial de 250 mL de aceite usado con los 230 mL de biodiesel, se puede notar que el rendimiento logrado es del 92%, cifra 8.6% superior al valor obtenido teóricamente. La explicación a este valor final se debe a las cantidades de reactantes necesarios que favorecen la conversión de los ácidos grasos a ésteres. Por ejemplo, la cantidad de sustancia de metanol añadido produce la misma cantidad de biodiesel.

10 ANÁLISIS FINANCIERO

10.1 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

Haciendo uso del Anexo 3, tomamos los datos relevantes para el cálculo de los ingresos de la planta.

Proyecciones	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
Oferta de biodiesel	0	2229785.382	2285395.654	2342417.729	2400887.99	2460843.772	2522323.384
Oferta de biodiesel en galones	0	589046.9776	603737.6574	618801.2957	634247.5045	650086.1465	666327.3417
Oferta de biodiesel en barriles	0	14024.92811	14374.7062	14733.36426	15101.13114	15478.24166	15864.93679
Ingresos en soles	0	5454575.012	5590610.707	5730099.999	5873131.892	6019797.716	6170191.184
Ingresos en dólares	0	1951547.411	2000218.5	2050125.223	2101299.425	2153773.78	2207581.819
Ingreso Venta Glicerina	0	69213.561	70939.73	72709.721	74524.665	76385.72	78294.075
Ingresos Totales (Soles)	0	5523788.6	5661550.4	5802809.7	5947656.6	6096183.4	6248485.3

Para los egresos analizaremos el consumo de los equipos, transporte y el costo de los insumos. Algunos datos de la proyección de costo fueron obtenidos de fuentes web como los fabricantes de los vehículos y proveedores del servicio de agua. Otros datos fueron obtenidos de una proyección de costos de un proyecto similar de (UNNE - Universidad Nacional del Nordeste, 2011).

Tabla de egresos (S./año)	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
Combustible + Mantenimiento	0	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327	4593.0327
Consumo Energía	0	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2	40213.2
Agua	0	3155.574	3234.2732	3314.9704	3397.717	3482.5659	3569.5714	3658.789	3750.2758	3844.0904	3940.2929	4038.9449
Metanol	0	87106.566	89278.981	91506.549	93790.689	96132.862	98534.563	100997.33	103522.73	106112.39	108767.97	111491.17
Hidróxido de Sodio	0	4838.6343	4959.3086	5083.0465	5209.9269	5340.031	5473.4417	5610.2445	5750.5268	5894.3785	6041.8916	6193.1609
Gastos Operativos Totales	0	139907.01	142278.8	144710.8	147204.57	149761.69	152383.81	155072.59	157829.77	160657.1	163556.39	166529.5

Flujo neto	5389436.285	5383881.6	5519271.6	5658098.9	5800452	5946421.7	6096101.5	6249586.8	6406976	6568369.9	6733871.7	6903587.7
------------	-------------	-----------	-----------	-----------	---------	-----------	-----------	-----------	---------	-----------	-----------	-----------

10.2 ANÁLISIS DEL FINANCIAMIENTO

La inversión inicial ha sido calculada en un total de S/.1'482,277.00 el detalle de la forma de cálculo se encuentra en la hoja de Excel adjunta.

Inversión	1482277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
------------------	---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
FC Neto	- 1482277	5383 881.6	5519 271.6	56580 98.9	5800452	5946 421.7	6096 101.5	6249586. 81	640 697 6	6568 369.9	6733 871.7
	TIR		366%		VAN sin considerar Inversión			S/. 36,379,7 26.81			
	Tasa de Descuento		10%		VAN			S/. 34,897,4 49.81			

Como podemos observar, los valores tanto del TIR como del VAN confirman que la creación de la planta de producción de biodiesel a partir de aceites de cocina usados, tendrá una gran acogida y será financieramente beneficiosa.

11 CONCLUSIONES

- La producción de biodiesel es una buena opción para reducir la contaminación generada por los aceites de cocina usados y amortizar el uso de áreas de cultivo alimenticio. También permitirá disminuir la contaminación que están causando los combustibles fósiles, ya que los biodiesel permiten cerrar el ciclo del carbono.
- El problema de producir biodiesel a escalas industriales no solo radica en la creación de plantas de tratamiento de los aceites sino también en la sensibilización y capacitación de la población para lograr que segreguen adecuadamente los aceites ya utilizados y no aptos para el consumo humano.
- El proyecto realizado ha contribuido en gran importancia a la formación personal de cada integrante del equipo, pues ayudó a la identificación sus fortalezas y debilidades, para así poder convertir esta última en oportunidades de mejora.
- Para que el proyecto se desarrolle adecuadamente es necesario fomentar la unidad en el grupo, entendiendo por esta la capacidad de lograr que cada uno realice el proyecto dejando de lado el interés de la nota, sino que lo hagamos por lealtad y por el grado de conocimiento que podamos adquirir al realizarlo.
- Resulta poco rentable procesar o tratar la glicerina obtenida luego de la transesterificación debido a que este subproducto es de muy baja calidad y resulta muy caro realizar un proceso de purificación para que cumpla los requerimientos de calidad mínima, sin embargo existen empresas que si bien no pagan un gran dividendo, compran este subproducto en el estado que es obtenido del proceso.
- La realización de este proyecto ayudó al equipo a darse cuenta cuán grave es el problema acerca del destino final de los aceites usados de cocina, motivándonos así a plantear alternativas de mejora a nuestra sociedad.
- Es imprescindible realizar una buena descripción del producto del proyecto para identificar los riesgos asociados al mismo así como realizar entrevistas a los interesados, ya que de esta manera se pueden identificar riesgos no registrados en las actividades de planeación.
- Al momento de realizar la evaluación de riesgos es preciso hacer una lista de los peligros potenciales ligados al proyecto y determinar la probabilidad de ocurrencia de los mismos.
- Para llevar un buen control sobre los riesgos asociados al proyecto es de suma importancia establecer adecuadamente las técnicas y estrategias para mitigar los riesgos, además se tiene que ejecutar las estrategias para corregir los factores de alto riesgo y supervisar la eficacia de las estrategias ejecutadas y los cambios que han sufrido los riesgos a lo largo del proyecto.

- Es preciso que cada miembro del equipo realice la autoevaluación a conciencia, tanto al inicio como al final del curso para que se pueda tener una idea clara de los conocimientos y experiencia adquirida a lo largo del proyecto.
- Es necesario definir de manera correcta, clara y precisa el alcance interno y externo del proyecto para que éste no se desvíe de su curso y así cumplir con los objetivos del proyecto.
- Al momento de formular un proyecto o al plantear la idea, es fundamental realizar un estudio previo que involucre determinar la pre-viabilidad y viabilidad del mismo en cuatro aspectos: legal-ambiental, financiera, social-económica y técnica con el objetivo de reducir el grado de incertidumbre en la ejecución y finalización del proyecto.
- Es importante identificar los requisitos de calidad, desarrollar actividades de calidad y monitorear el cumplimiento de los mismos a través de hojas de control y otros, además de esto asignar responsabilidades que permitan cumplir y garantizar la calidad del proyecto.
- Es necesario establecer objetivos claros, medibles y alcanzables que recojan las expectativas del interesado clave y que sea aprobada por este.
- Es importante la aceptación del “Acta de Constitución” porque este entregable permite la autorización de los recursos que se van a necesitar durante todo el desarrollo del proyecto y lo que se pretende lograr.
- Es indispensable realizar una eficaz gestión de los interesados del proyecto, analizar sus expectativas y su impacto en el proyecto, de esta manera desarrollar estrategias de gestión a fin de lograr la participación de los interesados en las decisiones y ejecución del proyecto aumentando así la probabilidad de aceptación y éxito.
- Es altamente necesario identificar los posibles riesgos que se pueden presentar durante el ciclo de vida de un proyecto y para facilitar su identificación se pueden clasificar en riesgos de gestión, técnicos y comerciales.

13 REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental. (s.f.). *Agencia de Protección Ambiental de Buenos Aires*. Obtenido de http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/apra/evaluacion_reg/regotavu.php?menu_id=32376
- Agustian, E. (2012). *Production of biodiesel from waste cooking oil using ultrasonic tubular reactor*.
- Agustian, E. (2012). *PRODUCTION OF BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL USING ULTRASONIC TUBULAR REACTOR*.
- Aimaretti, N. e. (11 de junio de 2008). *Aprovechamiento de la glicerina obtenida durante la producción de biodiesel*. Recuperado el 2013, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=87702011>
- Álvarez Maciel, C. (2011). *Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico*. Recuperado el 2013, de <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf>
- Bengoagorostiza, P. (2012). *Síntesis de Biodiesel mediante catálisis ácida heterogénea*. Obtenido de <http://www.biodisol.com/biodiesel-que-es-el-biodiesel-definicion-de-biodiesel-materias-primas-mas-comunes/la-produccion-de-biodiesel-materias-primas-procesos-calidad/>
- Biblioteca Digital ILSE. (s.f.). Obtenido de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/059/htm/cataliza.htm>
- Binda, J., Guerra, R., & Torres, G. (2007). *Análisis estratégico de la industria del Biodiesel en el Perú*. Lima.
- Binda, R., Guerra, R., & Torres, G. (2007). *Análisis Estaratégico de la Industria de Biodiesel en el Perú*. Surco.
- BiodiSol. (2009). *Biodiesel: Materias primas*. Recuperado el 2013, de <http://www.biodisol.com/biodiesel-que-es-el-biodiesel-definicion-de-biodiesel-materias-primas-mas-comunes/biodiesel-materias-primas-con-que-se-fabrica-biodiesel-aceites-y-grasas-produccion/>
- Biodisol. (2012). *Biodisol*. Recuperado el 2013
- Biotratamientos. (2013). *Biotratamientos*. Obtenido de <http://www.biotratamientos.cl/index.php/tratamiento-de-aguas-y-riles/2013-02-24-20-10-43>
- Cantero Katty, F. J. (2010). *Simulación de un Proceso de Producción de Biodiesel por Lotes*.

- Castillo, S. (2009). *Biodiesel y Bioetanol. Viabilidad*. Recuperado el 2013, de http://www.biodiesel.com.ar/download/Estudio_viabilidad_biocombustibles.pdf
- Comité Técnico de Normalización de Petróleo y Derivados. (2008). *Norma Técnica Peruana*. Obtenido de <http://bvirtual.indecopi.gob.pe/normas/321.125.pdf>
- DESOTEC. (23 de julio de 2013). *DESOTEC Activated Carbon*. Recuperado el 2013, de <http://www.desotec.com/es/carbonology-es/aplicaciones-de-carbon-activo/glicerina-a-partir-de-biodiesel/1778/>
- Direct, W. (2010). *Biodiesel: Producción y aplicaciones*. Recuperado el 2013, de <http://www.whitmandirectaction.org/downloads/documents/biodieselguide%28español%29.pdf>
- Ecologismo. (2013). *Ecologismo*. Obtenido de www.ecologismo.com/desarrollo-sostenible/paises-productores-de-biocombustibles/
- Eko3r. (2009). *El Mundo*. Obtenido de <http://www.eko3r.com/es/reciclaje-aceite-domestico/reciclar>
- FAO. (2008). *Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*. Recuperado el 2013, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s05.pdf>
- FAO. (2010). *Manual de Biogas*. Recuperado el 2013, de <http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/manual-biogas/>
- Fgroup. (2009). *Fgroup*. Recuperado el 2013, de http://fgrup.net/esp/what_is
- FONAM. (s.f.). *Fondo Nacional del Ambiente - Perú*. Obtenido de <http://www.fonamperu.org/general/energia/renovable.php>
- INERCO. (2007). *Evaluación de impacto ambiental de la instalación de plantas de Biodiesel*.
- Insht. (s.f.). *Fichas Internacionales de Seguridad Química*.
- Ito, T. et al. (2005). *Hydrogen and ethanol production from glycerol-containing wastes discharged*.
- La Republica*. (2012). Recuperado el 2013, de <http://www.larepublica.pe/infografias/evolucion-del-precio-del-petroleo-26-12-2012>
- Lizana, D. I. (14 de 09 de 2013). *Industria del Biodiesel en Perú*. (E. d. proyecto, Entrevistador)
- Lizana, V. (2013). *Biodiesel*. Piura.
- Madri+d (MI+D). (2006). *MI+D. Un lugar para la Ciencia y Tecnología*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2006/06/29/33193>
- Mandolesi de Araujo, C., de Andrade, C., de Souza e Silva, E., & Dupas, F. (2013). *Producción de Biodiesel a partir de aceites de cocina usados: Una reseña*. *Elsevier (SCOPUS)*, 445-452.

- Manuel Francisco Cifuentes Guerrero. (2010). *Unilibre Repository*. Obtenido de <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/10901/4046/1/CifuentesGuerreroManuelFrancisco2011.pdf>
- MBiodiesel. (2012). *Make Biodiesel*. Obtenido de <http://make-biodiesel.org/es/Drying-WVO/aceite-de-secado-para-biodiesel.html>
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Leyes y base legal del mercado de hidrocarburos en el Perú*.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Manual de Legislación Ambiental*. Recuperado el 2013, de http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=445&Itemid=3521
- Osinergmin. (2007). Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-021-2007-EM-CONCORDADO.pdf>
- Paula Castro, J. C. (2007). Obtenido de [http://www.seic.gov.do/media/7451/Proceso%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Biodi%C3%A9sel%20\(Modelo%20de%20Per%C3%BA\).pdf](http://www.seic.gov.do/media/7451/Proceso%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Biodi%C3%A9sel%20(Modelo%20de%20Per%C3%BA).pdf)
- Pedro, B. (2009). Biodiésel: Producción. En B. Pedro, *Biodiésel: Producción, calidad y caracterización*. Universidad de Antioquia.
- Retena, I. (2008). *"Transferencia tecnológica sobre las ventajas y desventajas del Biodiesel"*. San José.
- ScientificAmerican. (2003). *Investigación y Ciencia*.
- Tesis PUCP. (2007). *Análisis Estratégico de la industria del Biodiesel en el Perú*. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1627/BINDA_GUE RRA_OCA%C3%91A_TORRES_TRIGOSO_INDUSTRIA_BIODIESEL.pdf?sequence=1
- Tesis PUCP. (2007). *Análisis Estratégico de la industria del Biodiesel en el Perú*. Lima.
- Ulma. (2012). Obtenido de Construmática: http://www.construmatica.com/construpedia/Subproductos_y_Aplicaciones._Obtenci%C3%B3n_del_Biodi%C3%A9sel
- Unam. (2012). Obtenido de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spivst/2012/104-03.pdf>
- Unam. (s.f.). *Hoja de Seguridad XII de Etanol*.
- UNC. (2011). *Agencia de Noticias*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/subproductos-del-biodiesel-mejores-opciones-industriales/>
- UNNE - Universidad Nacional del Nordeste. (2011). Obtenido de <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0>

CHAQFjAI&url=http%3A%2F%2Fing.unne.edu.ar%2Fmecnica%2F07%2FSOPO
RTE%2FTrabajos%2520Finales%2FCar%25E1tula%2520Biodiesel_archivos%2F
Planta%2520Elaboradora%2520de%2520Biodiesel.doc&ei=d

Volvo. (2011). Obtenido de Volvo Trucks: <http://www.volvotrucks.com/trucks/peru-market/es-pe/Pages/Home.aspx>

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

Yazdani y Gonzalez. (2007). *Anaerobic fermentation of glycerol*.

ANEXO 1: TRÍPTICO INFORMATIVO

¿Qué beneficios obtendría usted al reciclar?

- Mejorar la imagen frente a sus clientes y sociedad.
- Beneficios económicos.
- Reduce costos de mantenimiento en las tuberías
- Elimina malos olores en los lavaderos.
- Mejor ambiente en el área de cocina.
- Preferencia del personal por trabajar en sus instalaciones.



El planeta es como un cristal, que si lo limpiamos se puede ensuciar, por eso se debe reciclar sin descansar pues, los demás dependen de ti, y tú dependes de los demás.

¿Si no reciclas crees que podremos mejorar?



Recicla por ti y por nuestro hogar...




UNIVERSIDAD
DE PIURA


BIODIESEL

“Análisis y diseño de un sistema de recolección y tratamiento de aceites usados para la producción de biodiesel en la ciudad de Piura y Castilla”.



Descripción del proyecto

Se pretende realizar un análisis y diseño de un sistema de recolección y tratamiento de aceites usados para la producción de Biodiesel en la ciudad de Piura y Castilla.

Se realizará el análisis logístico para la implementación de dicho sistema, considerando su factibilidad bajo la situación actual de crecimiento económico del país.



¿Cómo afecta el re-uso del aceite usado?

Los aceites usados más de tres veces, generan un químico llamado DIOXINA. Este químico tiene una elevada toxicidad y puede provocar problemas así como: lesiones cutáneas, enfermedades cardiovasculares, destrucción del hígado, disfunciones del aparato reproductor y además perturba el sistema nervioso.

Cabe informar que, la exposición crónica de la Dioxina genera Cáncer.

¿Cómo afecta el vertido de aceite usado al medio ambiente?

El aceite, al ser vertido al agua, crea una fina capa en la superficie de ella, evitando así su oxigenación. Esto causa la muerte de animales, destrucción de los hábitats de la vida salvaje y de las personas.



¿Qué beneficios ambientales trae la recolección de aceites usado de cocina?

- Eliminación de un residuo altamente contaminante del agua.
- Reutilización del agua depurada.
- Abaratamiento en la depuración de aguas residuales.
- Reducción en la degradación y obstrucción de los sistemas de saneamiento.
- Disminución de la probabilidad de proliferación de microorganismos dañinos para la salud.
- Reducción de la dependencia energética con el exterior.



ANEXO 2: PROCESAMIENTO DE DATOS DE ENCUESTAS

Litros semanales	Marca	Frecuencia de compra	Reúso	Destino del aceite	Empresas	Precio (S/./L)	Medio de desecho	Conocimiento	ASR	Disponibilidad de espacio	Frecuencia de recolección	Hora de recolección	Disponibilidad de depósitos	DAPR
80	No	Semanal	1	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
162	No	Semanal	1	Desecha	-	-	Desagüe	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
126	No	Semanal	2	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
60	Primor	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
15	Cocinero	Semanal	2	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Quincenal	Tarde	No	Sí
21	Soya	Mensual	0	Desecha	-	-	Desagüe	Nada	Sí	No	Semanal	Tarde	No	No
30	Friol	Quincenal	2	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Quincenal	Tarde	No	No
5	Friol	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Semanal	Mañana	Sí	No
10	Cocinero	Quincenal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Quincenal	Tarde	No	No
20	Crisol	Semanal	0	Desecha	-	-	Desagüe	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
200	Cocinero	Semanal	2	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
144	No	Mensual	1	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	Sí	Sí
20	Cocinero	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Noche	No	No
20	Crisol	Semanal	2	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
80	Cocinero	Quincenal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Mañana	Sí	No
80	Cocinero	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
54	Cocinero	Quincenal	0	Vende	Bioils	-	-	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Mañana	Sí	Sí
105	Premium	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	No	Interdiario	Noche	No	No
25	Crisol	Semanal	1	Desecha	-	-	Bidón	Nada	Sí	Sí	Quincenal	Mañana	Sí	No
50	Crisol	Semanal	0	Vende	Varias	1	Baldes	Nada	Sí	Sí	Quincenal	Mañana	Sí	No
20	Crisol	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
540	Crisol	Semanal	0	Vende	Bioils	-	-	Nada	Sí	Sí	Semanal	Mañana	Sí	No
35	Crisol	Semanal	0	Vende	Varias	1.3	Baldes	Algo	Sí	Sí	Interdiario	Mañana	Sí	No
35	Friol	Diario	2	Desecha	-	-	Desagüe	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Mañana	No	No
1764	Tondero	Semanal	2	Desecha	-	-	Desagüe	Algo	Sí	Sí	Semanal	Mañana	No	No
35	Cocinero	Diario	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Interdiario	Noche	No	No

Litros semanales	Marca	Frecuencia de compra	Reúso	Destino del aceite	Empresas	Precio (S./L)	Medio de desecho	Conocimiento	ASR	Disponibilidad de espacio	Frecuencia de recolección	Hora de recolección	Disponibilidad de depósitos	DAPR
20	Cocinero	Diario	1	Vende	Varias	-	-	Casi nada	Sí	No	Semanal	Mañana	No	No
35	Cocinero	Diario	0	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	No	Semanal	Noche	No	No
140	Cocinero	Semanal	0	Regalan	-	-	Baldes	Nada	Sí	Sí	Interdiario	Mañana	No	No
68	Cocinero	Semanal	1	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	Sí	Sí
21	Crisol	Semanal	0	Regalan	-	-	Baldes	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	Sí
20	Capri	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Nada	Sí	Sí	Interdiario	Tarde	No	Sí
120	Soya	Semanal	0	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
70	Vegetal	Mensual	0	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
80	No	Mensual	0	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Quincenal	Tarde	Sí	No
50	Crisol	Mensual	0	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	Sí	Sí
120	Primor	Mensual	0	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	Sí	No
15	No	Mensual	2	Regalan	-	-	Baldes	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	Sí
25	Primor	Semanal	1	Desecha	-	-	Bolsas	Algo	Sí	Sí	Quincenal	Tarde	No	No
18	crisol	Mensual	2	Desecha	-	-	Bolsas	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	Sí	No
20	Cocinero	Mensual	1	Desecha	-	-	Desagüe	Casi nada	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
18	Cocinero	Semanal	1	Regalan	-	-	Baldes	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No
35	Vegetal	Mensual	0	Desecha	-	-	Desagüe	Algo	Sí	Sí	Semanal	Tarde	No	No

Leyenda:

ASR: Aceptación de la idea de un sistema de recolección

DAPR: Disposición de acudir a puntos de recolección comunes

ANEXO 3: OFERTA PROYECTADA

Proyecciones	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
Población de alojamientos y restaurantes	339	348.2208	357.6924058	367.4216392	377.4155078	387.6812096	398.2261385	409.0578895	420.1842641	431.613276	443.3531571	455.412363
L/semana (muestra)	4611	4736.4192	4865.249802	4997.584597	5133.518898	5273.150612	5416.580309	5563.911293	5715.24968	5870.704471	6030.387633	6194.414177
L/semana (total)	36350.97	37339.71638	38355.35667	39398.62237	40470.2649	41571.0561	42701.78883	43863.27749	45056.35863	46281.89159	47540.75904	48833.86769
L/año (total)	1962952.38	2016344.685	2071189.26	2127525.608	2185394.305	2244837.03	2305896.597	2368616.984	2433043.366	2499222.146	2567200.988	2637028.855
Población urbana	141331.2821	144157.9077	147041.0659	149981.8872	152981.525	156041.1554	159161.9786	162345.2181	165592.1225	168903.9649	172282.0442	175727.6851
L/semana	16750.37417	17085.38166	17427.08929	17775.63108	18131.1437	18493.76657	18863.6419	19240.91474	19625.73304	20018.2477	20418.61265	20826.9849
L/año	904520.2054	922610.6095	941062.8217	959884.0781	979081.7597	998663.3949	1018636.663	1039009.396	1059789.584	1080985.376	1102605.083	1124657.185
Oferta total (semanal)	53101.34417	54425.09804	55782.44596	57174.25345	58601.4086	60064.82268	61565.43073	63104.19223	64682.09167	66300.13929	67959.37169	69660.85259
Oferta total (anual)	2867472.585	2938955.294	3012252.082	3087409.686	3164476.064	3243500.425	3324533.26	3407626.38	3492832.95	3580207.521	3669806.071	3761686.04
Oferta neta (semanal)	47791.20976	48982.58824	50204.20136	51456.8281	52741.26774	54058.34041	55408.88766	56793.77301	58213.8825	59670.12536	61163.43452	62694.76733
Oferta neta (anual)	2580725.327	2645059.765	2711026.874	2778668.718	2848028.458	2919150.382	2992079.934	3066863.742	3143549.655	3222186.769	3302825.464	3385517.436
Oferta de biodiesel	2175551.451	2229785.382	2285395.654	2342417.729	2400887.99	2460843.772	2522323.384	2585366.135	2650012.359	2716303.447	2784281.866	2853991.198
Oferta de biodiesel en galones	574719.8887	589046.9776	603737.6574	618801.2957	634247.5045	650086.1465	666327.3417	682981.4744	700059.2001	717571.4526	735529.4512	753944.7084
Oferta de biodiesel en barriles	13683.80695	14024.92811	14374.7062	14733.36426	15101.13114	15478.24166	15864.93679	16261.46376	16668.07628	17085.03467	17512.60607	17951.06458
Ingresos en soles	5321906.17	5454575.012	5590610.707	5730099.999	5873131.892	6019797.716	6170191.184	6324408.453	6482548.193	6644711.651	6811002.718	6981528
Ingresos en dólares	1904080.919	1951547.411	2000218.5	2050125.223	2101299.425	2153773.78	2207581.819	2262757.944	2319337.457	2377356.584	2436852.493	2497863.327
L/punto recolección hogares	465.2881715	474.5939349	484.0858136	493.7675299	503.6428805	513.7157381	523.9900529	534.4698539	545.159251	556.062436	567.1836847	578.5273584
L/local comercial	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23	107.23
L de glicerina (semanal)	7503.2199	7690.2664	7882.0596	8078.722	8280.379	8487.1594	8699.1954	8916.6224	9139.5796	9368.2097	9602.6592	9843.0785
L de glicerina (anual)	405173.88	415274.38	425631.22	436250.99	447140.47	458306.61	469756.55	481497.61	493537.3	505883.32	518543.6	531526.24