

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante El Muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL

AUTORA: Martínez de la Mata, Claudia Pilar

ASESOR: Vásquez Baca, Yasser

HUÁNUCO – PERÚ

2024

# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Contaminación ambiental  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería del petróleo, (combustibles, Aceites), Energía, Combustibles

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73531046

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

Grado/Título: Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

# H

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 07 del mes de mayo del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0812-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE VEGETAL EN EL RESTAURANTE EL MUELLE, PILLCO MARCA – HUÁNUCO, 2022 - 2023"**, presentado por el (la) Bach. **MARTINEZ DE LA MATA, CLAUDIA PILAR**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas; procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** Por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **16** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47)

Siendo las **17:10** horas del día **07** del mes de **MAYO** del año **2024**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Mg. Frank Erick Camara Llanos  
DNI: 44287920  
ORCID: 0000-0001-9180-7405  
Presidente

  
Mg. Milton Edwin Morales Aquino  
DNI: 44342697  
ORCID: 0000-0002-2250-3288  
Secretario

  
Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel  
DNI: 43616954  
ORCID: 0000-0002-7194-3714  
Vocal



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: CLAUDIA PILAR MARTÍNEZ DE LA MATA, de la investigación titulada “Evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante El Muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 -2023”, con asesor YASSER VÁSQUEZ BACA, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1454-2022-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 17 de septiembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

# 13. MARTÍNEZ DE LA MATA, CLAUDIA PILAR.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[repositorio.unjfsc.edu.pe](http://repositorio.unjfsc.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

2%

4

[repositorio.unas.edu.pe](http://repositorio.unas.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO

D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo, realizado a base de mucho esfuerzo y compromiso, se lo dedico a mi madre por su empuje día a día, a mi familia quienes siempre celebran mis logros, a mis profesores, que con sus enseñanzas expandieron mis conocimientos, a mis amigos, por motivarnos siempre y a Dios por todo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Para la realización de este trabajo de investigación, hubo muchos colaboradores, a cada uno de ellos les doy las gracias desde mi alma.

Al técnico de Laboratorio de Química de la Universidad Nacional Agraria de la Selva: Celedonio Yacha, por su presta disposición desde el primer contacto de trabajar en esta investigación con los análisis correspondientes en el laboratorio.

A las autoridades de la facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el Dr. Roberto Dávila Trujillo y la Dra. Magda Bazán, por las autorizaciones correspondientes.

Al Mg. Frank Cámara Llanos por la autorización del uso del Laboratorio de Química de la Universidad de Huánuco, al Mg. Elmer Rivero Agüero por su asesoría durante todo el proceso de ejecución y a la Ing. Gisela Lázaro Ramos, técnica del laboratorio de química, por su soporte durante todo el proceso de ejecución.

Al Mg. Yasser Baca, el asesor de mi trabajo de investigación, por el acompañamiento y la ayuda, y a cada uno de los jurados revisores, porque con cada observación y corrección, hicieron que se realice un trabajo correcto y consistente.

A mi madre, por absolutamente todo, y por sobre todo a Dios, por concedernos la vida y la salud para poder con todo.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	13
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	13
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO .....	16
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.1.1. ANTECEDENTE A NIVEL INTERNACIONAL.....	16
2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL.....	18
2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL .....	21
2.2. BASES TEÓRICAS .....	22
2.2.1. TIPOS DE ACEITE .....	22
2.2.2. BIODIESEL.....	24
2.2.3. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL.....	27
2.2.4. USOS DEL BIODIÉSEL.....	29

2.2.5. ECONOMÍA CIRCULAR.....	32
2.2.6. LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PERÚ.....	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	36
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS .....	38
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	38
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS.....	38
2.5. SISTEMA DE VARIABLES.....	39
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	39
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	39
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	40
CAPÍTULO III.....	41
MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.1 ENFOQUE .....	41
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	41
3.1.3 DISEÑO .....	41
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	42
3.2.1 POBLACIÓN.....	42
3.2.2 MUESTRA .....	42
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. 42	
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	51
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	52
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS .....	53
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	53
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	57
CAPÍTULO V.....	59
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	59
CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
ANEXOS .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Transesterificación de los aceites vegetales.....	25
Tabla 2 Condiciones iniciales de aceite usado .....	53
Tabla 3 Condiciones del aceite transformado en biodiésel.....	53
Tabla 4 Procesamiento de los datos experimentales .....	54
Tabla 5 Prueba de normalidad de datos .....	57
Tabla 6 Prueba t para una muestra.....	58
Tabla 7 Interpretación de los datos .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma de la obtención del biodiesel.....	43
Figura 2 Dinámica de densidad del aceite a biodiésel.....	54
Figura 3 Dinámica de la humedad del aceite a biodiésel.....	55
Figura 4 Dinámica de la acidez del aceite a biodiésel .....	55
Figura 5 Dinámica de la viscosidad del aceite a biodiésel.....	56
Figura 6 Dinámica del punto de inflamación del aceite a biodiésel .....	56

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Acopio de los 20 litros de Aceite vegetal usado .....	78
Fotografía 2 Primer proceso de filtrado del aceite vegetal quemado .....	78
Fotografía 3 Muestras de aceite en vaso de precipitado para su análisis.....	79
Fotografía 4 Análisis de humedad en placas Petri.....	79
Fotografía 5 Temperatura del aceite vegetal quemado para la viscosidad ..	80
Fotografía 6 Medida de la densidad usando el pinnómetro .....	80
Fotografía 7 Hallando la acidez del aceite vegetal quemado.....	81
Fotografía 8 Condiciones de acidez del aceite vegetal quemado .....	81
Fotografía 9 Hallando el punto de inflamación del aceite vegetal quemado...	82
Fotografía 10 Propiedades del Catalizador de Hidróxido de Potasio.....	82
Fotografía 11 Materiales, equipos y reactivos necesarios para el proceso.	83
Fotografía 12 Mezcla del aceite vegetal quemado con el Metóxido .....	83
Fotografía 13 La mezcla se toma uniformidad y la viscosidad disminuye....	84
Fotografía 14 Mezcla del aceite vegetal quemado con metóxido.....	84
Fotografía 15 Embudo para la separación del biodiésel y glicerina .....	85
Fotografía 16 Separación de glicerina y biodiesel, respectivamente .....	85

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante El Muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023” tuvo por objetivo evaluar el proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco. Para ello la metodología fue de tipo experimental, es decir con manipulación de variables en la que el aceite vegetal usado paso por el proceso de transesterificación hasta convertirse en biodiésel, se evaluaron las características fisicoquímicas en la que los resultados muestran de la evaluación inicial en la que se tuvo densidad 919,7 kg/m<sup>3</sup>, humedad 0,041 %; acidez 5,638 mgKOH/g; viscosidad 36,5 mm<sup>2</sup>/s; punto de inflamación 82 °C. y en la evaluación final, considerando la media de los ensayos se tiene densidad 878.070 kg/m<sup>3</sup>, humedad 0.118%; acidez 1.378 mgKOH/g; viscosidad 4.449 mm<sup>2</sup>/s y finalmente el punto de inflamación 71.5 °C. que al ser comparados con la normativa ISO 3676 para densidad (860 – 900 kg/m<sup>2</sup>); el método D 2709 para humedad; el método ASTM D 664 (0.050%) y en 1411 para la acidez (0.800); el método ASTM D 445 para la viscosidad (1.9 - 6.0 mm<sup>2</sup>/s) y el método ASTM D 93 para el punto de inflamación (101.0 °C). Concluyendo que el método de transesterificación permite el aprovechamiento de los aceites usados y poder obtener biodiésel en condiciones óptimas, además otros componentes como la glicerina.

**Palabras claves:** aceites, transesterificación, biodiésel, metanol, catalizador.

## ABSTRACT

The objective of this research entitled "Evaluation of the transesterification process for obtaining biodiesel from vegetable oil at the El Muelle restaurant, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023" aimed to evaluate the transesterification process for obtaining biodiesel from vegetable oil at the El Muelle restaurant, Pillco Marca – Huánuco. To this end, the methodology was experimental, that is, with manipulation of variables in which the used vegetable oil went through the transesterification process until it became biodiesel, the physicochemical characteristics were evaluated in which the results show from the initial evaluation in which the density 919.7 kg/m<sup>3</sup>, humidity 0.041 %; acidity 5,638 mgKOH/g; viscosity 36.5 mm<sup>2</sup>/s; flash point 82 °C. and in the final evaluation, considering the average of the tests, we have density 878.070 kg/m<sup>3</sup>, humidity 0.118 %; acidity 1,378 mgKOH/g; viscosity 4.449 mm<sup>2</sup>/s and finally the flash point 71.5 °C. which when compared with ISO 3676 for density (860 – 900 kg/m<sup>2</sup>); method D 2709 for moisture; ASTM method D 664 (0.050%) and EN 1411 for acidity (0.800); ASTM method D 445 for viscosity (1.9 - 6.0 mm<sup>2</sup>/s) and ASTM method D 93 for flash point (101.0 °C). concluding that the process transesterification allows the use of used oils and to obtain biodiesel in optimal conditions, as well as other components such as glycerin.

**Keywords:** oils, transesterification, biodiesel, methanol, catalyst.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el problema de contaminación ambiental provocado por aceite vegetal usado se ha convertido en un asunto difícil de abordar, por ser un residuo de generación masiva y transversal a cualquier contexto y más grave aún, por no tener un manejo especial de disposición y tratamiento. Las personas, por lo general no saben qué hacer con dicho residuo y ven una solución fácil en arrojarlo por el alcantarillado, contaminando así, fuentes de agua.

El presente trabajo muestra una alternativa de solución a dicho problema, ya que propone el aceite vegetal usado como materia prima para la obtención de combustible orgánico, biodiesel, mediante el método de transesterificación. Esta técnica consiste en hacer reaccionar aceites o grasas con alcohol más un catalizador que será un acelerador del proceso.

El objetivo fue evaluar el proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en el restaurante el Muelle, Pillco Marca – Huánuco, así mismo, evaluar la materia prima, aceite vegetal antes del proceso, evaluar el producto, biodiesel, y comparar dichos valores.

Los parámetros analizados fueron: humedad, densidad, acidez, punto de inflamación y viscosidad. Los valores que se obtuvieron analizando el producto final, biodiesel, tuvieron una relación significativa con los valores estandarizados, sobre todo, los parámetros de densidad, acidez y viscosidad que se encontraron dentro del rango de valores estándar, el valor de la humedad fue ligeramente más alto que el valor estándar y el parámetro del punto de inflamación estuvo por debajo del valor estándar.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En tiempos recientes, más que en cualquier otra época, el mundo se enfrenta a circunstancias que demandan decisiones a nivel global y que influirán en el futuro. Debido a la globalización, cualquier decisión tomada en una parte del mundo tendrá repercusiones en todo el planeta. Están apareciendo a nivel mundial varias preocupaciones sobre la real sustentabilidad en la producción y análisis del ciclo de vida completo de los productos (Guillermo et al., 2009).

Un envase de litro de aceite consumido tiene la capacidad de contaminar hasta 40.000 litros de agua, que es igual al consumo por año de agua de un individuo en su hogar. Esto se debe a que presenta entre 5.000 veces más cantidad de contaminante que las aguas residuales que salen por las alcantarillas y las redes de saneamiento. Estudios diferentes informan que un litro de aceite puede llegar a contaminar alrededor de 1.000 litros de agua (Muñoz, 2019). Deshacerse de los aceites generados en la cocina, incluso en pequeños volúmenes, a través de lavaderos, baños u otros componentes del sistema de saneamiento público, puede causar obstrucciones en las tuberías, aumentar los costos y complicar los procesos de tratamiento de aguas residuales. Además, puede formar una capa superficial en los ríos, lagos, etc., que condiciona al intercambio de oxígeno y contamina a los seres bióticos del ecosistema (Guillermo et al., 2009).

En el Perú el consumo anual per cápita de aceite vegetal, es de 6.6 litros de estos aproximadamente un 50 % queda en la comida y lo demás son vertidas principalmente en los sistemas de alcantarillado de las ciudades (INEI, 2012). Actualmente, los avances tecnológicos nos permiten prevenir la contaminación y reciclar el aceite para transformarlo en biocombustible. Muchas personas alrededor del planeta usan biodiésel (generalmente identificado como biocombustible). Sin embargo, el trabajo no queda ahí, puesto que se tienen que seguir mejorando, siguiendo normativas que son

urgentes promulgar, para mejorar las gestiones de los aceites y cumplir con las metas de objetivos y metas de desarrollo sostenible.

Las gestiones para un manejo adecuado de los aceites vegetales usados en Huánuco, son realmente escasos, puesto que no hay planes establecidos ni en funcionamiento, es por ello que el biocombustible (biodiesel) aparece como una respuesta de diversas problemáticas, desde la disminución de los gases de invernadero, para la generación económica de las agrícolas en cada región y también para el fortalecimiento de la economía por combustibles fósiles, con esto además se alcanza una economía circular y el desarrollo sostenible.

Es por ello que se plantea la investigación, con el fin de desarrollar propuestas de manejo adecuado de los aceites vegetales que normalmente no tienen reciclaje.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

- ¿Cuál es el resultado de la evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es el resultado de la evaluación antes del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en el restaurante el muelle, Pillco Marca - Huánuco?
- ¿Cuál es el resultado de la evaluación después del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en el restaurante el muelle, Pillco Marca - Huánuco?
- ¿Cuál es el resultado de la evaluación antes y después del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de

aceite vegetal quemado en el restaurante el muelle, Pillco Marca - Huánuco?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el resultado antes del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en el restaurante el muelle, Pillco Marca -Huánuco.
- Evaluar el resultado después del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en el restaurante el muelle, Pillco Marca -Huánuco.
- Comparar el resultado antes y después del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en el restaurante el muelle, Pillco Marca - Huánuco.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En la actualidad existe un incremento del interés popular al cuidado del medio ambiente y la toma de conciencia sobre las acciones de la actividad antrópica sobre el planeta. Con lo que se han generado diversos grupos, tendencias y tecnologías permitiendo mejoras de las formas en la que interactuamos con el medio en el que vivimos.

La investigación tiene el propósito teórico de aportar al conocimiento existente sobre el manejo de los aceites vegetales quemados que quedan como residuos, además los resultados que se obtengan podrán sistematizarse en mejorar la gestión de este tipo de residuos, para ser incorporado como conocimiento a la ingeniería y biotecnología, puesto que se demostraría la

obtención de bioenergía o biocombustible siendo amigables con el medio ambiente.

La investigación tiene por justificación práctica la finalidad de crecer en la gestión de los aceites vegetales usados en los restaurantes, promoviendo su reciclaje y su reaprovechamiento.

La justificación metodológica de la investigación se sostiene en generar el biodiésel desde los aceites vegetales, la incorporación de una estrategia que lo haga eficiente para su reciclaje, y al demostrar esto podrán servir para ser usados en posteriores trabajos de investigación.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El siguiente trabajo se vio limitado en la realización de los análisis pre y post ejecución, ya que no se contaron con los equipos, reactivos ni personal especializado para realizar los análisis correspondientes antes y después de la ejecución, lo que conllevó a buscar otros laboratorios fuera de la ciudad. lo que ocasionó extender el presupuesto y el tiempo de desarrollo del proyecto.

La adquisición del reactivo fue complicada ya que su venta es controlada.

### **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El trabajo contó con autofinanciamiento para poder solventar los gastos correspondientes además que se contó con la materia prima sin problemas.

Se contó con la disponibilidad del laboratorio de la Universidad de Huánuco para la ejecución del procedimiento de transesterificación mediante una gestión simple y rápida.

Se contó con la asesoría del químico experto durante todo el proceso de ejecución del trabajo de investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTE A NIVEL INTERNACIONAL

López (2022) en su tesis con título: *“Diseño de un modelo de negocio enfocado en economía circular a partir del aceite vegetal usado”* Uniautónoma del Cauca – Colombia. Teniendo como **objetivo** diseñar un modelo de negocio enfocado en economía circular a partir de aceite vegetal usado. **Metodología**; se utilizó un diseño mixto con propósito descriptivo no experimental, empleando el instrumento metodológico Eco-Canvas. Considerando la función de este documento, se creó y aplicó una encuesta a una muestra de treinta y dos cocineras de la plaza de mercado del municipio de Piendamó, para saber las opiniones de las trabajadoras quienes usan el aceite de cocina y así obtener información de directa de los potenciales proveedores del aceite vegetal consumido. **Resultados**; de las 32 personas evaluadas, un 34,4 % afirman que lo desechan con los residuos de comida, el 15,6 % lo usan para alimentación animal, el 37,5 % dice que la disposición final del aceite vegetal utilizado lo desechan junto a los residuos ordinarios, el 3.1 % lo almacenan y lo regalan y 6,2 % lo recicla. Es evidente, la gran cantidad del número de las trabajadoras no hacen una correcta disposición de este residuo, generando una gran oportunidad para comenzar un negocio sostenible. **Concluyendo** El uso de aceites vegetales usados ofrece una oportunidad circular para convertir los desechos en productos innovadores de uso diario. Esto ayuda a resolver el problema de la disposición final de residuos que impacta negativamente al medio ambiente y, desde la perspectiva de la economía circular, se convierte en una opción para generar ingresos a partir de estos residuos.

Salazar (2021) en su tesis con título; *“Modelo de abastecimiento de aceite usado de cocina para la producción sostenible de biodiésel”* Universidad Autónoma de Occidente (UAO), Santiago de Cali –

Colombia. Cuyo **objetivo** fue producir de manera sostenible de biodiésel de aceite usado de cocina. **Metodología**; de tipo descriptivo puesto que su actividad requiere identificar los componentes que regulan el sistema de generación y disposición de aceite de cocina usado mediante la recolección de información de manera principal en los pasos verdaderos y en la literatura presente. comprendiendo de las propiedades, características y comportamientos de las variables de la forma conceptual. Correlacional, porque se calcula la causalidad en la intervención en las variables y el análisis, porque se evaluó ideas de obtención con el análisis de los resultados generados por la forma estructurado y con indicadores de sostenibilidad. Los **resultados** teóricos obtenidos muestran que concentrar la generación de ACU, es decir, agrupar la biomasa en el menor número posible de puntos de depósito, tiene un impacto significativo en la eficiencia del sistema de producción de biodiésel, afectando en diferentes niveles los diversos indicadores de sostenibilidad: generación de energía (rango del 19,48 %); cambio climático (rango del 12,08 %); impacto en la salud humana (rango del 1,09%) e utilidad operativa (rango del 50,66 %). De igual manera, los resultados generados revelan que, a diferencia del combustible fósil tradicional, el biodiésel resultante del ACU presenta más impactos (negativos) en el cambio climático, la producción de partículas, la toxicidad humana, la creación de oxidantes fotoquímicos y la disminución del agua; teniendo en cuenta solo la parte de procesamiento. **Concluyendo** que el biodiésel producido a partir de ACU en Santiago de Cali puede ayudar significativamente a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles. Además, no supone un riesgo para la tierra y el agua, y puede aportar de manera limitada al suministro energético de la región.

Domínguez (2020) en su tesis con título; *“Hacia una economía circular: modificación química de aceite de chia (Salvia Hispanica) para su empleo como potenciales sustitutos de compuestos de origen petroquímico usados en el sector de los polímeros”* Universidad

Politécnica de València – España. Tuvo por **objetivo** optimizar el proceso de epoxidación mediante el estudio de las variables involucradas en el proceso, con su posterior caracterización fisicoquímica. **Metodología** Se empleó la reacción de epoxidación, esta reacción se usó para la transformación química del aceite de chía, siendo muy usado por sus valores nutricionales. **Resultados**; este aceite contiene una alta cantidad de ácidos grasos insaturados, lo que permite la introducción de grupos epoxi en los dobles enlaces del aceite mediante la reacción de epoxidación. Por lo tanto, este proyecto es un ejemplo de economía circular, ya que revaloriza un producto derivado de la semilla de chía (*Salvia hispanica L.*). **Concluyendo** que luego de hacer un estudio preliminar a la epoxidación se evidencia que el aceite de chía como materia prima tiene un gran valor.

### 2.1.2. ANTECEDENTE A NIVEL NACIONAL

Portella (2022) en su Tesis con título; “*Obtención de biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina*” Universidad Nacional José Juan Faustino Sánchez Carrión – Huacho. Tuvo como **objetivo** diversificar la matriz energética peruana y minimizar los impactos ambientales derivados de la disposición inadecuada de estos aceites. En la **metodología** al principio de comenzar la generación de biodiesel, fue necesario pretratar este aceite. Este proceso incluye filtrado, secado y determinación de la cantidad de ácido, luego la neutralización, según el grado de ácidos grasos libres encontrados en el crudo. Primero, se llevaron a cabo experimentos de laboratorio en pequeña escala para producir biodiesel, usando aceite de cocina reciclado como materia prima para comparaciones. Se utilizó hidróxido de sodio como catalizador y se probaron las rutas de metilo y etilo, pero los resultados no fueron satisfactorios, en este último proceso se obtuvieron **resultados**, empleando los equipos presentes, el análisis indicó que el mejor volumen de metóxido de sodio es de 50 ml, reaccionando en un intervalo de tiempo de 60 minutos, esto resultante del rendimiento de 87.23 % en resultando al biodiesel obtenido, por lo cual se calcula que en ese intervalo de tiempo todo el metóxido con el aceite reciclado se

disuelve. De la misma manera también se concluyó que las condiciones necesarias para la generación de biodiesel según los ensayos realizados la mejor cantidad de metóxido de sodio es de 50 ml según lo indicado, reaccionando a 60 minutos, en consecuencia, al rendimiento que fue de 87.23 % según el biodiesel obtenido, lo cual se calcula que en ese tiempo se disuelve todo el aceite reciclado con el metóxido.

Souza (2021) en su investigación con título; *“Utilización de cenizas de cáscara de Musa x paradisiaca L. como catalizador en la obtención de biodiésel de aceites vegetales usados”* Universidad Nacional de Trujillo – Perú. En la cual tuvo por **objetivo** uso de cenizas de la cáscara de plátano de *Musa x paradisiaca L* de la variedad *Cavendish Valery* como catalizador en la transesterificación de aceites vegetales usados. **Metodología**; el total de la cáscara de plátano maduro, así como el aceite vegetal empleado, fueron recolectados del comedor de la universidad. El aceite vegetal empleado fue tratado previamente para eliminar las impurezas. El análisis estadístico ANOVA indica que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) al utilizar ambos porcentajes en la reacción de transesterificación. A través del análisis de espectroscopía infrarroja media (FITR-ATR-PLS), se confirma la presencia del grupo funcional éster, alcanzando un valor máximo de 91.565 % m en el contenido de metil éster (FAME) en el biodiésel generado. **Resultados**; los valores de grado de acidez (0,27 %) y humedad (0,42 %) los resultados del análisis del aceite vegetal usado se obtuvieron mediante una reacción de transesterificación directa. Las cáscaras de plátano maduro fueron seleccionadas y limpiadas, posterior a ello secadas a 80°C durante 48 horas, pulverizadas y calcinadas a 700°C por 4 horas para obtener el catalizador CCPC. En estas cáscaras se determinó una cantidad de potasio de 515.02 mg/Kg y de calcio de 41.14 mg/Kg utilizando un 4 % de catalizador en la transesterificación, en relación al peso del aceite, con una proporción molar alcohol/aceite de 9/1 y un tiempo de reacción de 90 minutos, se obtuvo un rendimiento máximo de 90.17 %. Al emplear un 2 % de catalizador, se logró un rendimiento de 89.33 % en biodiésel. El estudio **concluyó** que las cenizas obtenidas de

la cáscara de plátano quemados tienen un notable potencial como catalizadores en la generación de éster metílico proveniente de aceites vegetales empleados. Esto se debe a su alto grado de potasio, que les confiere una fuerte naturaleza básica.

Monsefú (2019) en su tesis con título; *“Propuesta técnica para la producción de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites usados”* Universidad Nacional de Piura – Perú. Tuvo por **objetivo** aprovechar los aceites residuales generados en el campus de la UNP identificando las condiciones requeridas para hacer viable técnica, económica, social, legal y ambientalmente la producción de biodiesel. **Metodología**; es de tipo explicativo en la que se contempla el diseño e implementación de un sistema permanente para reutilizar los aceites usados del comedor universitario de la UNP. **Resultados**; la separación del biodiesel con la glicerina (oleína, estearina), en la parte superior de la pera de decantación se obtuvo el producto deseado, mientras que en la parte inferior se observó glicerina con algunas impurezas. Se notó que, al aumentar la cantidad de alcohol, la muestra se volvía menos viscosa. Al añadir metanol y NaOH al aceite reciclado, se produjo una reacción exotérmica (generación de calor) y la separación en la pera de decantación fue casi instantánea. Con lo que se **concluye** que el proceso adecuado para obtener biodiesel es la transesterificación básica homogénea, ya que el índice de ácidos grasos libres es inferior al 2 %.

Solís & Neira (2018) en su tesis con título; *“Impacto al medio ambiente del aceite doméstico usado y su reutilización en la producción de jabón”* Universidad Ricardo Palma – Lima. Tuvo por **objetivo** evaluar el impacto al medio ambiente del aceite doméstico usado y su reutilizarlo en la producción de jabón. **Metodología**; se realizó la recolección del aceite desechado en diversos hogares de alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma. Según los **resultados** el pH promedio de los jabones elaborados a partir de aceite reciclado es de 10.48, lo cual es similar al pH de los jabones comerciales disponibles en el mercado, que varía entre 10.63 y 10.75. Los valores de pH de los

distintos jabones fueron medidos en el laboratorio de química de la facultad de ingeniería utilizando un peachímetro Mettler. **Concluyendo** que debido al aumento en la generación de residuos de aceites usados en las frituras y la carga que implica la falta de reciclaje de este residuo, se sugiere mitigar el problema mediante una gestión adecuada de los aceites usados para producir jabón. Este producto es biodegradable, contribuye a la economía de la casa y es de uso diario, ayudando así a mantener la higiene en la sociedad.

### **2.1.3. ANTECEDENTE A NIVEL LOCAL**

Lescano (2019) en su Tesis con título; *“Transesterificación de los ácidos grasos de las grasas del matadero municipal de Tingo María para la obtención de biodiesel”* Universidad Agraria de la Selva. Tuvo por **objetivo** determinar el rendimiento de la transesterificación del aceite de los residuos grasos del Matadero Municipal de Tingo María para la obtención de biodiesel. En la **metodología** para extraer el aceite de las grasas, se calentaron 2 kg de sebo bovino, logrando un rendimiento del 33%. Para determinar la cantidad de catalizador necesaria, se calculó el índice de acidez del aceite de grasa animal, que resultó ser 1.0915 mg de NaOH por gramo de aceite. Se aplicó la ecuación establecida por RUTPRAC (2006). Luego, se llevaron a cabo los procesos de transesterificación utilizando 100 ml de aceite y 20 ml de metanol a temperaturas de (50, 55 y 60 °C), cada una con tres repeticiones. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, realizando un total de nueve tratamientos con una significancia de ( $p < 0.05$ ) los **resultados** del ANVA, mostraron que el mayor rendimiento fue del 83.663 % a 55 °C, siendo estadísticamente similares. Luego, se realizaron pruebas de grado de densidad, viscosidad y temperatura, obteniendo datos conformes a la norma EN 140214-03, excepto en el caso de la viscosidad. Se aplicó un balance de materia a la reacción, obteniendo un volumen de 24.8287 L de biodiesel puro por día. Un análisis en un cromatógrafo de gases identificó al hexadecanoato de metilo (C<sub>17</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>) y al octadecenoato de metilo (12E) (C<sub>19</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>) como los ésteres dominantes. Se **concluye** que el biodiésel producido

presenta una capacidad del 83.663 %, cumpliendo con los estándares de calidad descritos en la normativa y tiene un perfil completo de éster metílico de ácidos grasos, lo que confirma su idoneidad para utilizar y producir combustible de materia prima animal

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. TIPOS DE ACEITE**

Desde el punto de vista de Durán et al. (2015) desde tiempos ancestrales, los humanos han empleado aceites tanto en su alimentación como en combustibles. Estos aceites, que pueden ser de origen vegetal o animal, están compuestos principalmente por triésteres de ácidos grasos y glicerol, conocidos como triglicéridos. Un aceite puede consistir en un único tipo de triglicérido o en una mezcla de varios triglicéridos. Si esta mezcla es sólida, o de consistencia pastosa, a temperatura ambiente (20°C), se considera una grasa, en cambio, si es líquida a esa misma temperatura, se trata de un aceite. Así, aunque grasas y aceites son químicamente iguales, es diferente su apariencia física.

#### **2.2.1.1. ACEITE VEGETAL**

El consumo de aceites vegetales que han sido oxidados por exposición al calor está relacionado con un mayor riesgo de hipertensión. Además, estos aceites también se ven afectados por el aire y la humedad, lo que provoca un proceso de degradación física y química conocido como oxidación lipídica. Este proceso produce compuestos polares y productos poliméricos, al mismo tiempo que disminuye el nivel de vitamina E. Estos productos son perjudiciales para el endotelio vascular por la oxidación. Así mismo, para reducir los costos siempre reutilizan los aceites en las frituras (Durán et al., 2015).

Los aceites utilizados en el hogar, además de contener ácidos grasos, son una fuente significativa de fitoquímicos, conocidos como compuestos bioactivos. Entre ellos se encuentran los

caroteno, flavonoles, fitoesteroles, fitoestrógenos y tocoferoles, que promueven la salud gracias a sus propiedades preventivas de enfermedades, más allá de su valor nutricional básico. Asimismo, se ha encontrado evidencia de que consumir los fitoquímicos presentes en el aceite de oliva ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares y crónicas (Durán et al., 2015).

#### **2.2.1.2. EFECTOS DE LOS ACEITES USADOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

Con respecto a los efectos generados sobre el medio ambiente el CCO Departamento de medio ambiente de Comisiones Obreras (2006) menciona que se puede destacar su capacidad de contaminación de tierras, ríos y mares por su baja biodegradabilidad:

- **Vertidos a las aguas:** Forman una capa impermeable entre la atmósfera y la superficie del agua, lo que reduce la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Acciones como desechar aceites por el sistema de alcantarillado causan graves daños en las plantas de tratamiento de aguas (CCO, 2006).
- **Vertidos en suelos:** Cubren el suelo, lo que provoca una reducción en los niveles de oxígeno. Esto acelera la degradación del humus vegetal y, en última instancia, lleva a la pérdida de la fertilidad del suelo. Además, mediante filtración, pueden contaminar las aguas del sub suelo, afectando acuíferos, pozos y otras fuentes (CCO, 2006).
- **Emisiones a la atmósfera:** La quema de aceites usados libera en la atmósfera metales como el plomo, junto con gases tóxicos que contienen compuestos de cloro, azufre y fósforo, lo que genera diversos efectos nocivos (CCO, 2006).

### **2.2.1.3. EFECTOS DE LOS ACEITES USADOS SOBRE LA SALUD**

Durante su uso, los aceites absorben una gran cantidad de sustancias peligrosas para la salud, como las partículas metálicas generadas por el desgaste de piezas en las que se emplean. Así mismo, gases y humos (CCO, 2006). De la misma manera, los efectos directos sobre la salud que tienen los aceites incluyen:

- La presencia de gases que contienen aldehídos, cetonas y compuestos aromáticos puede causar irritaciones en los tejidos respiratorios.
- La aparición de sustancias químicas como Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cl (Cloro), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno), SH<sub>2</sub> (ácido sulfhídrico), Cd (Cadmio), Cu (Cobre), Sb (antimonio) tienen efectos perjudiciales en los tejidos pulmonares y las vías respiratorias superiores.
- La presencia de monóxido de carbono, disolventes halogenados y ácido sulfhídrico provoca efectos asfixiantes al interferir con el transporte de oxígeno.
- En la vejiga, pulmón y próstata producen efectos cancerígenos por los efectos de metales pesados como cadmio, manganeso, plomo, etc.

### **2.2.2. BIODIESEL**

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2010) con sus siglas IICA, el biodiésel es un combustible renovable que se obtiene a partir de lípidos naturales, como aceites vegetales o grasas animales, mediante un proceso de tipo industrial relativamente sencillo llamado transesterificación. Tras este proceso, a diferencia del aceite original, el biodiésel (éster metílico) adquiere una viscosidad similar a la del diésel derivado del petróleo, lo que le permite sustituirlo en los usos más comunes. La principal razón por la que los

aceites vegetales no pueden usarse directamente en motores diésel es debido a su alta viscosidad.

**Tabla 1**

*Transesterificación de los aceites vegetales*

Insumos		Productos
(12%) Metanol	➔	(4%) etanol
+		+
(1%) catalizador		(86%) biodiésel
+		+
(87%) aceite		(1%) fertilizante
		+
		(9%) glicerinas

*Nota.* La transesterificación es el proceso químico para la reducción de esta viscosidad de los aceites (IICA, 2010).

### 2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DESEABLES DEL BIODIÉSEL

- Es una fuente de energía verde, renovable, de alta calidad y de bajo costo, que también ayuda a preservar el medio ambiente, siendo identificada como una opción a los combustibles fósiles (IICA, 2010).
- Es un combustible biodegradable que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y óxidos de azufre. Además, disminuye entre un 60 % y 90 % la cantidad de hidrocarburos totales no quemados.
- Se puede producir de manera económica en una variedad de entornos, tanto rurales como urbanos, y a diferentes escalas, ya sea para autoconsumo o a nivel comercial.
- Genera un gran interés pese a ser generado por aceites los cuales no son comestibles.
- El etanol tiene un 67 % del contenido energético en comparación con la gasolina, por otra parte, el biodiésel posee un 90 % del contenido energético respecto al diésel derivado del petróleo.

#### **2.2.2.2. CARACTERÍSTICAS NO DESEABLES DEL BIODIÉSEL**

- El proceso de producción de biodiésel libera glicerina, la cual sigue siendo un problema debido a su contenido moderadamente tóxico y contaminante.
- A lo que refiere con respecto a los combustibles fósiles carga cerca de un 10 % de óxidos nitrosos a la atmósfera (lluvia ácida).
- Balance energético. Un tema aún en debate a nivel mundial es si el balance energético del biodiésel es positivo. En la producción de combustibles, el balance energético se refiere a la diferencia entre la energía que genera un kilogramo de combustible (en este caso, biodiésel) y la energía requerida para su producción, lo que incluye su cultivo, procesamiento, transporte, refinado, entre otros factores.

#### **2.2.2.3. VENEFIOS AL AMBIENTE DE LA OBTENCIÓN DE BIODIÉSEL**

Aunque el biodiésel como fuente de bioenergía pueda ser un remplazo rentable del petróleo, no necesariamente es mucho mejor para el medio ambiente. La producción de biocombustibles puede requerir una gran cantidad de energía fósil, lo que resulta en una reducción mínima o nula de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los impactos ambientales varían según los cultivos y las tecnologías de producción utilizadas. Por ejemplo, el etanol obtenido de la caña de azúcar no solo es competitivo en costos frente al petróleo, sino que también presenta balances energéticos y de carbono favorables (Hazell, 2020).

A diferencia del biodiesel obtenido de oleaginosas y del etanol producido a partir de maíz y remolacha, que no son tan competitivos en precio y presentan balances de energía y carbono menos favorables, las tecnologías de la fase dos referidas en biomasa con gran celulosa deben utilizar la energía de manera más

eficiente. Por lo tanto, aún hay grandes oportunidades para desarrollar nuevas tecnologías que logren mayores reducciones de carbono (Hazell, 2020).

Las materias primas utilizadas en la bioenergía también pueden generar riesgos ambientales en las áreas donde se cultivan. Por ejemplo, la extracción completa de la biomasa puede agravar la falta de materia orgánica que regresa al suelo, provocando la pérdida de nutrientes y la degradación del terreno. El cultivo de materias primas para la bioenergía puede agotar los recursos hídricos, aumentar la erosión del suelo, causar problemas debido al uso intensivo de pesticidas y fertilizantes, y poner en riesgo la biodiversidad local. Sin embargo, los cultivos bioenergéticos pueden contribuir a una mejor gestión ambiental si se cultivan en las condiciones adecuadas. Por ejemplo, establecer plantaciones para bioenergía en tierras degradadas puede ayudar a restaurar el suelo y la biodiversidad. Al igual que otros cultivos, los cultivos bioenergéticos deben producirse y gestionarse de manera responsable y requieren incentivos para promover el uso agrícola sostenible (por ejemplo, seguridad de propiedad y localización de factores externos relevantes).

### **2.2.3. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL**

- **Transesterificación**

Es la reacción del aceite o la grasa con el alcohol en gracias a un catalizador para formar ésteres y glicerina. Dado que se trata de una reacción reversible que no ocurre normalmente, es importante emplear un catalizador que promueva y acelere la reacción (Demirbas, 2007).

Entre los diversos procesos industrializados de transesterificación utilizados para crear los productos como el biodiesel (Demirbas, 2007).

- Procesos de régimen discontinuo: Es la forma más sencilla de obtener biodiesel. Estas se dan a cabo en reactores agitados a temperaturas desde aproximadamente 65 °C hasta menos de 85 °C.
- Proceso de régimen continuo: El uso de un reactor de tanque agitado que aumenta el tiempo de residencia mejora, los resultados de reacción. Estos se utilizan más comúnmente en procesos industriales a gran escala.
- Procesos combinados: Estos utilizan catalizadores ácidos para purificar los ácidos grasos y facilitan la separación de los productos por centrifugación.

- **Licuefacción**

Estudios recientes se han enfocado en determinar los compuestos en las fases oleosa y acuosa obtenidos de procesos de licuefacción aplicados a diversas materias primas como los desechos bibásicos. Una diversidad de biomasa, como los desechos cívicos y de agricultura, debía convertirse, parcialmente, en un producto igual al petróleo pesado de carbono/hidrógeno en presencia de carbonato de sodio por reacción con agua y monóxido. Estos procesos requieren alta temperatura y presión (Demirbas, 2007).

La biomasa se convierte en productos licuados por el proceso de licuefacción de una secuencia compleja de estructura física y cambios químicos. La materia prima de la licuefacción suele ser materia húmeda la cual se descompone en pequeñas siendo inestables y reactivas y pueden repolimerizarse en sustancias oleosas con una gran variedad de distribución de peso molecular. La licuefacción directa implica un pirólisis rápido para producir alquitranes y aceites líquidos y/o vapores orgánicos condensables. La indirecta implica el uso de catalizadores para convertir productos gaseosos no condensables de pirólisis o gasificación en productos líquidos (Demirbas, 2007).

- **Pirólisis**

El pirólisis es un método de conversión termoquímica en el que la biomasa se descompone térmicamente en otras formas químicas. Los principales productos del proceso de pirólisis son combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. El pirólisis tiene lugar bajo una atmósfera inerte en ausencia de oxígeno o aire (Nanda & Vo, 2022).

El proceso de pirólisis lenta se lleva a cabo a bajas velocidades de calentamiento y bajas temperaturas con un tiempo de reacción más largo, esto tiene lugar a una temperatura que oscila entre 300 °C y 550 °C, mientras que el tiempo de residencia varía de horas a días. El pirólisis rápido es la tecnología más favorable para la generación de combustible líquido de alto rendimiento.

La reacción tiene lugar a temperaturas de 450 a 600 °C con un tiempo de residencia de <2 s, mientras que la velocidad de calentamiento se mantiene en 450 °C/min. El pirólisis intermedio se lleva a cabo en temperatura que oscila entre 450°C y 550°C. Los productos líquidos generados a partir de este método contienen un bajo rendimiento de alquitrán, y el rendimiento del producto sólido también sigue siendo bajo. La velocidad de calentamiento se mantiene entre 1 y 10 °C/min con un tiempo de residencia de 10 a 20 s, lo que da como resultado un rendimiento de alrededor del 50 % de bioaceite (Nanda & Vo, 2022).

#### **2.2.4. USOS DEL BIODIÉSEL**

Si bien es cierto que los combustibles son usados para mover motores, el biodiésel tiene diferentes usos:

- **Transporte**

La energía consumida en todo el planeta que es empleada en el transporte de vehículos es mayor al 24%. Esto nos dice que más de un tercio de nuestro petróleo se utiliza para impulsar nuestros automóviles. La principal deficiencia de las alternativas es que la energía eólica, solar y otras formas de energía no son prácticas para

el transporte. Los científicos mencionan que aún faltan décadas para lograr avances eficientes en el progreso tecnológico práctico (Ruiz, 2018).

- **Generación de energía**

Así como generar combustible para el transporte, las celdas de combustible del biodiesel también pueden generar electricidad. El biodiesel se puede utilizar para generar electricidad en sistemas de respaldo donde las emisiones son muy importantes. Dentro de estas están instalaciones en escuelas, hospitales y otras formas instalaciones residenciales (Ruiz, 2018).

- **Proporciona calor**

La bio-calefacción ha ido en aumento en los últimos años. Dado que el gas natural se obtiene principalmente de combustibles fósiles, el calor generado durante la fracturación hidráulica produce gas natural. El gas natural no tiene por qué proceder necesariamente de materias primas fósiles, sino que también puede proceder de materias primas de biodiésel recientemente desarrolladas.

La mayoría de los biocombustibles se utilizan para calefacción. En los hogares se utilizan estufas de leña en lugar de gas o electricidad, ya que la leña es el método de calefacción más práctico, reduciendo las emisiones de nitrógeno y dióxido de azufre por la mezcla de biodiesel (Ruiz, 2018).

- **Para cargas electrónicas**

Los científicos de la Universidad de San Luis, dicen que han desarrollado una pila de combustible que utiliza aceite de cocina y azúcar para generar electricidad; los usuarios pueden utilizar estas celdas en lugar de generar electricidad. Los usuarios pueden usar celdas de combustible a cambio de baterías para cargar todo objeto, desde ordenadores hasta celulares. Mientras aún están en proceso de creación, las celdas tienen el potencial de transformarse en una fuente de energía capas (Ruiz, 2018).

- **Limpieza de derrames de aceite y grasa**

Se sabe que los biocombustibles son respetuosos con el medio ambiente y también pueden ayudar a limpiar derrames de petróleo y grasa. Esto ha surgido como una posible herramienta de remediación en áreas donde el agua ha sido contaminada por petróleo crudo.

También se encontró que, como resultado, las áreas recreativas aumentarán y será posible la eliminación de los cuerpos de agua. Los biocombustibles también se pueden utilizar como disolventes industriales para la limpieza de metales, lo que también resulta beneficioso ya que no son tóxicos (Ruiz, 2018).

- **Para lubricar**

El combustible diésel debe tener niveles más bajos de azufre.

Porque el azufre proporciona la mejor lubricidad al combustible. Esto es importante para mantener el funcionamiento adecuado del motor y evitar fallas prematuras debido a infecciones (Ruiz, 2018).

- **Retira la pintura y el adhesivo**

El biocombustible cambia los productos tóxicos de la misma manera elimina pintura y adhesivos.

- **Crea energía cuando se acaba el combustible fósil**

A medida que los suministros de petróleo se agotan gradualmente, los científicos buscan formas de extraer el combustible sin destruir el medio ambiente. De esta forma se desarrollarán sus usos y eventualmente sustituirá por completo a los combustibles fósiles (Ruiz, 2018).

#### **2.2.4.1. PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL EN EL PERÚ**

Aunque no se han reportado cifras significativas sobre la producción de biodiesel en el país, algunas empresas productoras de aceite de palma han instalado varias plantas piloto para producir biodiesel a partir de aceite de palma. Actualmente, Perú produce principalmente palma africana y, en menor medida, soja, pero

también se están investigando otros cultivos como posibles fuentes de aceite para biodiesel (IICA, 2010).

### **2.2.5. ECONOMÍA CIRCULAR**

Desde el punto de vista de Jiménez & Pérez (2019) las bases conceptuales de la economía de flujos circulares no son propias de una nueva disciplina, sino que están bien definidas y bien asentadas en principios teóricos aportados por varias disciplinas y enfoques económico-ambientales anteriores que, en su mayor parte, ahora se integran en el paradigma de la sostenibilidad. Del mismo modo, las aplicaciones prácticas de la circularidad en los sistemas económicos y procesos industriales modernos, planteados desde la década de 1970, han cobrado un nuevo impulso. Así que, aunque los fundamentos teóricos de la economía circular no pueden considerarse como nuevos, hay que reconocer un cierto aire de oportunidad y reconceptualización en orden a determinar un sistema económico cíclico con el rescate de los desechos y el almacenamiento del stock natural del capital.

Agregando al concepto anterior Izquierdo & Martínez (2021) menciona que la economía circular (EC) se puede considerar como una economía industrial que es restaurativa y regenerativa por concepto, intención y diseño. Una de las características principales de la EC es que el factor o input energético principal proceda de las energías renovables. Además, tiene como funcionalidad definitoria el depurar los usos tóxicos químicos, subproductos y residuos, con el pueden reducir el balance energético en la generación de la huella hídrica y la de carbono también. El concepto de EC está direccionado al desarrollo sostenible y mejorar el impacto ambiental y económico y social. En el área ambiental, los trabajos de reciclar, reutilizar y reducir (3R) ayudan a disminuir la presión sobre la cantidad de recursos mundiales.

Teniendo en cuenta a MacArthur (2013) la economía circular es un sistema de resolución que abarca desafíos mundiales por ejemplo el cambio climático, la disminución de biodiversidad, los residuos y los contaminantes. Se basa en una transición hacia energías y materiales

renovables. Esto está desacoplado de la actividad económica por el consumo de recursos limitados. Es un sistema resiliente que es bueno para las empresas, los ciudadanos y el medio ambiente y nos brinda las herramientas para abordar juntos el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, al tiempo que abordamos importantes necesidades sociales. Nos da la opción de crecer la prosperidad, el empleo y la resiliencia mientras disminuimos las emisiones de gases de efecto invernadero, los residuos y los contaminantes.

#### **2.2.5.1. PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR**

La nueva economía circular se configura sobre la base de un conjunto de principios bien definidos en la teoría y el conocimiento de otros campos de las ciencias ambientales, la economía y la ingeniería, a pesar de todo, las etapas económicas circulares tienen la capacidad de integrar normas funcionales de forma más sistematizada para bajar las presiones ambientales relacionadas con el uso de los materiales y la energía, las emisiones y los desechos, creando oportunidades para incrementar la productividad, los beneficios y mejorar el bienestar, se admite generalmente cambios pueden ser sinérgicos en el desarrollo de beneficios múltiples, incluyendo valores incluidos, de lugares de trabajo conjuntamente con la disminución del uso de recursos (Jiménez & Pérez, 2019, P. 45).

- **Uso de energía renovables**

La economía circular tiene como objetivo responder a desafíos globales como el cambio climático, la conservación de la biodiversidad y la contaminación en general. En un modelo circular económico, se protege el capital natural mientras aumentan los recursos materiales y energéticos para que duren en el ciclo de producción y consumo el mayor tiempo posible. Se reduce al mínimo el consumo energético y se propone el uso de fuentes renovables, fomentando la disponibilidad de energía local para evitar pérdidas estructurales de transporte. Al tiempo que se

potencia la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, enfrentar los desafíos específicos de la escasez de recursos naturales y materias primas, desvinculando el desarrollo y el bienestar y a su vez del aumento de consumo de los recursos naturales y la generación de diversos impactos negativos sobre el medio ambiente.

- **Prevención, reducción y aprovechamiento de residuos**

La preferencia por la desmaterialización de productos y servicios implica que los materiales deben usarse solo cuando sea necesario. Maximizar el valor de los recursos en uso para la optimización del stock es uno de los principios básicos de la circularidad que se emplea de igual a los ciclos biológicos (bioeconomía de los metabolismos de la biosfera) de igual manera a los ciclos tecnológicos (metabolismos urbano-industriales de la tecnosfera), con la intención de recuperar sustancias que posteriormente se reincorporan al sistema y ser ordenados como subproductos y empleados como inputs por procesos productivos.

- **Priorizar la vida útil de los productos**

Si se retienen los recursos dentro de la economía y permanecen en uso productivo, se conserva lo que ya está hecho y se crea valor adicional. Hacer que los productos duren significa aumentar el tiempo en que los productos prestan su servicio antes de culminar al fin de su vida de utilidad, considerando el ciclo de vida y los impactos ambientales durante todas las etapas de su existencia. Se debe priorizar los recursos regenerativos para garantizar que los recursos renovables, reutilizables y no tóxicos se empleen de manera eficiente, como los materiales y la energía.

- **Diseño de productos para favorecer su reciclaje**

El cambio radical de los actuales sistemas de producción y consumo a través de sistemas regenerativos basados en su diseño, para preservar el valor de los recursos y evitar la generación de residuos e impactos negativos derivados. El diseño

ecológico permite que sean más sencillos de reparar los productos, actualizar, remanufacturar y reciclar, especialmente empleando recursos biológicos y renovables. Los productos, tendrán que ser más sencillos, modulares y versátiles conservando su eficiencia. Incentivar los sistemas de separación y recolección que minimizan los costos de reciclaje y reutilización, e incentivar la disminución de restos y el alejamiento de alta calidad por parte de los usuarios. Diseñar productos y servicios para no generar residuos y para que se reduzca radicalmente la generación de desechos, es generar una segunda oportunidad al objeto partiendo del nuevo diseño, con valores incorporados, y con reducción de materiales y energía.

- **Creación de mercados para productos reciclados**

La rápida implantación de procesos cerrados simbióticos requiere mayores facilidades para que los sistemas industriales y agroalimentarios puedan intercambiar subproductos en mercados apropiados para evitar que se conviertan en desechos, lo cual requiere normativas que faciliten el cierre de los ciclos de materiales para que los flujos de residuos puedan ser considerados como subproductos y reutilizados entre empresas. Se debe incrementar el valor de un material primario o secundario definiendo sus funciones específicas y buscamos reintroducirlo en diferentes partes de su ciclo de vida de su uso único u otros usos diferentes, así como aumentar la transparencia y trazabilidad de toda la cadena de valor de los productos.

#### **2.2.6. LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PERÚ**

En el año 2018, la Unión Europea en Perú (UE), el Ministerio del Ambiente (MINAM), el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y recientemente el Ministerio de Desarrollo Agrario y de Riego (MIDAGRI) vienen trabajando juntos para empujar el cambio hacia la economía circular. La economía circular es un modelo de gestión nuevo en el Perú y para PRODUCE es un tema muy importante dentro de sus áreas de

trabajo, por lo que se diseñan políticas y ejecuta proyectos y programas encaminados a incrementar a gran nivel las competencias y la producción de las industrias.

Este modelo pretende generar eficiencia y mejorar la productividad, la reutilización, la reparación y el reciclaje. La idea es pasar de un modelo lineal de producción económica, basado en la extracción, producción, consumo y desecho de productos, a un modelo circular, centrado en el reciclaje, en la reutilización de productos, en evitar residuos sólidos y en utilizar la mayor cantidad posible de productos. Materiales eficientes del planeta (PRODUCE, 2019).

### **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

- **Aceites usados**

“Cualquier aceite industrial que se haya convertido a inadecuado para el uso previsto, incluidos los aceites minerales utilizados en motores de combustión y transmisiones, aceites minerales utilizados en lubricantes, aceites de turbinas y sistemas hidráulicos, y mezclas y emulsiones que los contengan” (CCO, 2006, p. 11).

- **Biocombustible**

“Los productos resultantes de la transformación de la biomasa, que se utilizan con propósitos energéticos y pueden ser, según su estado físico, biocombustible sólido, líquido o gaseoso. Los biocombustibles se mezclan con el oxígeno en las etapas de combustión y liberan la energía contenida en los enlaces químicos de las moléculas que los forman, dando como resultado dióxido de carbono y agua como productos finales” (Fernández et al., 2015, p. 4).

- **Bioenergía**

“Es la que se a partir de los combustibles renovables de origen biológico, tales como el carbón, el abono animal, la biomasa microbiana, el biogás, el biohidrógeno, el bio-alcohol, , los desechos y derivados agrícolas, los cultivos energéticos, la leña y otros” (Hazell, 2020, p. 2-3).

- **Biomasa**

“Nombre que se le da a toda la materia viva de la Tierra. Almacenada

en forma química en materiales vegetales y animales se encuentra entre los recursos más preciados y versátiles. Término bastante simple para todos los materiales orgánicos que se derivan de plantas, árboles, cultivos y algas. Los compuestos de la biomasa incluyen lignina, extractivos, lípidos, celulosa, hemicelulosas, , proteínas, hidrocarburos, cenizas, azúcares simples, almidones, agua y otros compuestos” (Demirbas, 2007).

- **Economía circular**

“Sistema industrial con diseño que confiere una naturaleza restauradora y regenerativa. Sustituir el concepto fin de vida por el de restauración y presente como función la depuración de los residuos usando un diseño alto de los productos, materiales, los sistemas y, dentro de ellos, los tipos de actividad empresarial” (Henzen & Weenk, 2021, p. 61).

- **Energía renovable**

“Es aquella energía que se obtiene de fuentes inagotables o que se pueden cambiar. Según el Instituto Catalán de Energía. La energía hidroeléctrica son las principales fuentes de energía renovables, la biomasa, energía eólica, la energía solar, las energías del mar y la energía geotérmica” (Jarauta, 2014, p. 7).

- **Lípidos**

“Los lípidos constituyen un grupo heterogéneo de compuestos que se caracterizan por su insolubilidad en agua (carácter hidrófobo) y por su abundancia en enlaces carbono-hidrógeno, lo que les proporciona un elevado contenido energético. Su abundancia global en la biomasa vegetal es del orden del 6 %, pero en algunos órganos tiene una elevada concentración, como por ejemplo en las semillas y frutos oleaginosos” (Fernández et al., 2015, p. 20).

- **Valorización**

“Procedimiento que permite el aprovechamiento de los recursos como materia primaria o energéticos hallados de los aceites vegetales y grasas empleados que son llevados a cabo sin presentar en peligro a la salud

humana y no usar técnicas que puedan generar contaminación al ambiente” (Gioia, 2013, p. 30).

- **Vertido**

“Disposición de aceites vegetales y grasas empleados al interior o exterior de las infraestructuras de los centros generadores, con un fin directo o indirecto a redes de desagüe, alcantarillados, conductos pluviales, cursos de agua y el suelo, ya sea por depósito o expulsión” (Gioia, 2013, p. 30).

## **2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

**H1:** El proceso de transesterificación convierte el aceite vegetal usado en biodiesel, en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023.

**H0:** El proceso de transesterificación no convierte el aceite vegetal usado en biodiesel, en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS**

**HA1:** Las caracterizar del aceite vegetal son óptimas para la obtención del biodiesel.

**H01:** Las caracterizar del aceite vegetal no son óptimas para la obtención del biodiesel.

**HA2:** Las propiedades del biodiesel obtenido cumplen las normas técnicas.

**H02:** Las propiedades del biodiesel obtenido cumplen las normas técnicas.

## **2.5. SISTEMA DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Biodiesel

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Evaluación del proceso de transesterificación

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Título:** “Evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante El Muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Tipo
<b>V. Independiente:</b> Evaluación del proceso de transesterificación	La reacción de un aceite o grasa con un alcohol con un catalizador para obtener ésteres y glicerol. Esta es una reacción que no se da de manera no ocurre de forma espontánea, por lo, que es principal el uso de catalizadores para fomentar la reacción y acelerarla (Demirbas, 2007)	Se analizará las reacciones con catalizador, en condiciones controladas de tiempo de agitación y temperatura para la obtención del biodiesel.	Tiempo de agitación	Minutos	Cronometro	Cuantitativo continuo
			Temperatura	60 °C	Termómetro	
<b>V. Dependiente:</b> <i>Biodiesel</i>	Definido como un biocombustible formado de esterres mono-alcalinos de ácidos grasos de cadenas largas, derivados de grasas de animales aceites (IICA, 2010).	El biodiesel será el resultado proveniente del tratamiento del aceite recolectado, esto después de analizar los indicadores de la calidad y pruebas que se realizarán.	Físicos	Viscosidad (1 N·s/m <sup>2</sup> ) Densidad (gr/ml <sup>3</sup> ) Humedad (%) Punto de inflamación (C°)	Análisis de laboratorio espectrometría y ferrografía	Cuantitativo continuo
			Químicos	Acides (1:1)		

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de Investigación es aplicada puesto que se busca la solución de un problema práctico inmediato, realizando aportes al conocimiento científico (Martínez, 2012), se busca dar una solución a los aceites que no son reciclados en el proceso de obtención de biodiesel.

##### **3.1.1 ENFOQUE**

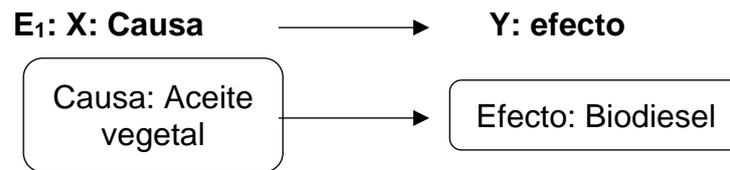
La investigación sigue un enfoque cuantitativo puesto que se pretende describir, explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre variables. Es decir, el objetivo principal es la prueba de hipótesis y la formulación y demostración de teorías. Siguiendo minuciosamente el proceso y, de acuerdo con ciertas reglas lógicas, los datos obtenidos poseen los estándares de validez y confiabilidad deseados, y las conclusiones derivadas contribuirán a la generación de conocimiento (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

##### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

La presente investigación sigue un alcance descriptivo por la finalidad de especificar propiedades y características de las variables en un contexto determinado, además de la medición de las mismas. Cuantificando y mostrando con precisión las dimensiones de los sucesos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En este caso el biodiésel a partir de los aceites vegetales.

##### **3.1.3 DISEÑO**

Se establece un diseño experimental puesto que se administran intencionalmente tratamientos sobre el aceite vegetal para la obtención del biodiésel, además de realizar mediciones a la variable dependiente (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018) .



**E<sub>1</sub>:** es el experimento número 1, manipulación del aceite vegetal para obtener biodiésel para aprovechar el total del residuo.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

La población estará conformada por los litros de aceites usados en los ambientes del restaurante El Muelle, Pillco Marca – Huánuco.

### 3.2.2 MUESTRA

La muestra estará conformada por los 15 litros de aceites usados. Y se realizarán 3 repeticiones (5 litros en cada repetición) Lo que se pasarán por un filtrado previo con el propósito de eliminar ciertas impurezas y guardarlas en un lugar con ausencia de luz para prevenir reacciones de fotooxidación.

- Criterio de inclusión
  - ✓ Aceite usado
  - ✓ Aceite sin impurezas
  - ✓ Aceites vegetales
- Criterio de exclusión
  - ✓ Aceites con agua
  - ✓ Aceites con impurezas
  - ✓ Aceites que tuvieron contacto con los rayos del sol

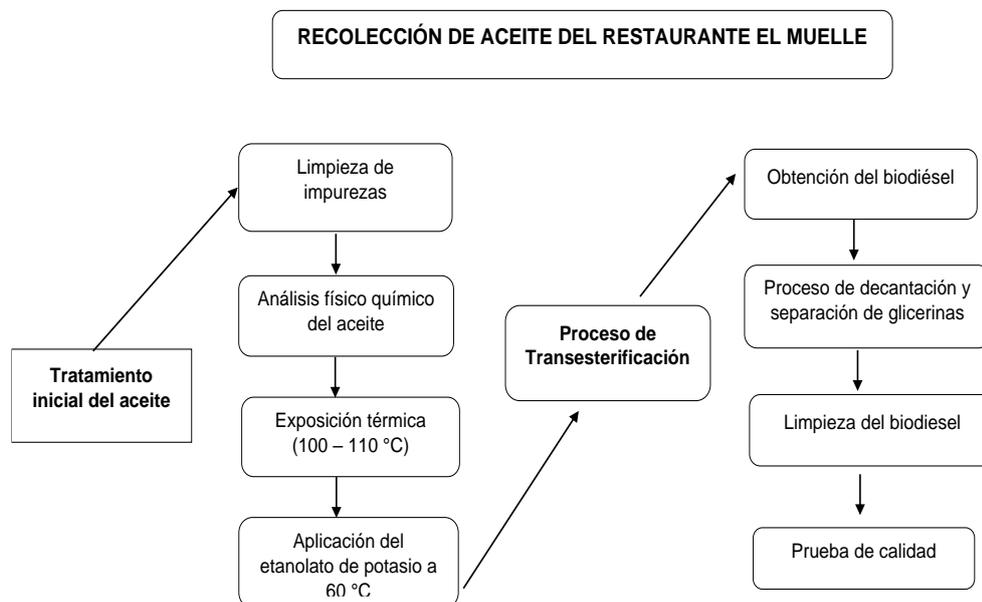
## 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos de se tendrán en cuenta técnicas e instrumentos que se mencionan a continuación:

**Figura 1**

*Flujograma de la obtención del biodiésel*



Nota. Se trabajó con evaluación pre test y post test.

### a) Análisis de humedad

#### • Materiales

- 3 placas Petri
- Balanza digital
- Estufa
- Muestra del aceite

#### • Procedimiento

- Pesar las 3 placas Petri vacías por separado, vaciar una cantidad de muestra del aceite a cada placa y luego pesar cada placa Petri con la muestra de aceite. Obtener el peso de la muestra neta aplicando la fórmula:

$$\text{Peso neto húmedo} = P2 - P1$$

**Dónde:**

P1 = peso de la placa vacía.

P2 = peso de la placa más la muestra húmeda.

- Colocar las tres placas Petri en la estufa durante 24 horas a 70°C. Retirar las 3 placas Petri para pesarlas nuevamente.

Obtener el peso neto de la muestra seca aplicando la fórmula:

$$\text{Peso neto seco} = \text{PS} - \text{P1}$$

**Dónde:**

(P1) = peso de la placa vacía.

(P3) = peso de la placa más la muestra seca

- Aplicar la Fórmula para hallar la Humedad =

$$H = \frac{\text{Peso neto de la muestra seca}}{\text{Peso Neto de la Muestra Húmeda}} \times 100$$

- **Resolución**

- **Placa Nº 1**

$$P1 = 41.8903$$

$$P2 = 52.0582$$

$$\text{Peso Neto de la Muestra Húmeda} = 52.0582 - 41.8903 = 10.1679$$

$$P\$_ = 52.0500$$

$$\text{Peso Neto de la Muestra Seca} = 52.0500 - 41.8903 = 10.1597$$

$$H = \frac{10.1597}{10.1679} \times 100 = 99.9193 \%$$

- **Placa Nº 2**

$$P1 = 49.3856$$

$$P2 = 59.7064$$

$$\text{Peso Neto de la Muestra Húmeda} = 59.7064 - 49.3856 = 10.3208$$

$$P\$_ = 59.7034$$

$$\text{Peso Neto de la Muestra Seca} = 59.7034 - 49.3856 = 10.3178$$

$$H = \frac{10.3178}{10.3208} \times 100 = 99.9709 \%$$

- **Placa Nº3**

$$P1 = 47.8769$$

$$P2 = 58.5177$$

$$\text{Peso Neto de la Muestra Húmeda} = 58.5177 - 47.8769 =$$

10.6408

$P\$ = 58.5166$

Peso Neto de la Muestra Seca =  $58.5166 - 47.8769 = 10.6397$

$$H = \frac{10.6397}{10.6408} \times 100 = 99.9896 \%$$

– **Hallando el Promedio de la Humedad**

$$(H1 + H2 + H\$) = \% 3 \ 99.9193 + 99.9709 + 99.9896 = \% 3 \\ = 99.9599 \%$$

**b) Análisis de densidad**

• **Materiales**

- Picnómetro
- Balanza digital
- Termómetro
- Muestra del aceite

• **Procedimiento**

- Pesarse el picnómetro vacío, tomar el volumen del picnómetro, vaciar una cantidad de muestra al picnómetro Pesarse por segunda vez el picnómetro con la muestra y aplicar la fórmula:

$$Densidad = \frac{P2 - P1}{volumen\ del\ picnómetro}$$

• **Resolución**

- Volumen del picnómetro = 49.742 ml
- Peso del Picnómetro vacío ( $P1$ ) = 44.8767
- Peso del Picnómetro con la muestra ( $P2$ ) = 90.6242

$$Densidad = \frac{90.6242 - 44.8767}{49.742\ ml} = 0,91969563$$

**c) Análisis de acidez**

• **Materiales**

- Balanza digital
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta

- Bureta
- Soporte universal
- Agitador magnético
- **Reactivos**
  - Indicador
  - Fenolftaleína
  - Éter
  - Alcohol Etílico 96°
  - KOH de factor corregido = 0.0848
- **Procedimiento**
  - Pesar la muestra dentro del Matraz Erlenmeyer, Aplicar el Solvente (alcohol etílico de 96° + KOH fc = 0.0848) para disolver el aceite. En una Probeta preparar la mezcla para la titulación: 3 gotas del indicador fenolftaleína + KOH disuelto en alcohol etílico) Vaciar esta mezcla dentro de la probeta. Empezar la titulación, dejando caer gota por gota esta mezcla al matraz Erlenmeyer que contiene el aceite disuelto con el solvente. Agitar constantemente el matraz Erlenmeyer mientras recibe el goteo. Cuando se observe un cambio de color a un tono rojizo del aceite + solvente retirar el matraz Erlenmeyer y anotar el gasto y Aplicar la fórmula de Acidez.

$$\% \text{Acidez} = \frac{90.6242 - 44.8767}{49.742 \text{ ml}} \times 100$$

**Dónde:**

V = Gasto (ml) de la solución de KOH  
 N = Normalidad de la solución de KOH

PmE = Peso miliequivalente gramo del ácido representativo

W = Peso de la Muestra

- **Resolución**
  - V = 4ml
  - N = 0.0848
  - PmE = 0.8461

–  $W = 5.0897$

$= 5.63878264$

#### **d) Análisis de punto de inflamación**

- **Materiales**

- Soporte universal
- Vaso de precipitado
- Termómetro
- Trípode
- Rejilla de asbesto
- Mechero bunsen
- Tubo de ensayo

- **Procedimiento**

- Armar el equipo, de tal manera de que el soporte universal, sostenga el termómetro. Prender el mechero bunsen y colocarlo debajo de la rejilla de asbesto que sostiene el trípode. Colocar 50 ml de agua en un vaso de precipitado. Someter al fuego al vaso de precipitado con agua colocándolo encima de la rejilla de asbesto. Tomar la temperatura del agua y esperar a que entre en estado de ebullición. Verter 10 ml de muestra del aceite dentro de un tubo de ensayo y colocarlo dentro del agua en ebullición. Tomar la temperatura del aceite. Observar fijamente el aceite y tomar el dato de la temperatura cuando en el aceite haya aparecido la primera burbuja de ebullición. No se deja entrar en ebullición al aceite. Una vez tomado el dato de la primera burbuja se apaga el mechero bunsen y se culmina la operación

- **Explicación**

- Cuando el aceite este empezando a entrar en estado de ebullición, en este se observarán las primeras burbujas de gas, esto nos indicará que su estado líquido original está cambiando a un estado gaseoso formándose los primeros vapores que nos indicarán el punto de inflamación.

- Es importante tomar el dato de la temperatura apenas se observe la primera burbuja, para obtener un dato exacto y real.
- Esto nos mostrará a qué temperatura este aceite entra en punto de inflamación.
- **Resolución**
  - La primera burbuja se observó a los 82°C. Por lo tanto, el Punto de Inflamación = 82°C.

### **Redacción del procedimiento de la ejecución**

#### **a) Piloto N°1**

- **Reactivos**
  - Aceite vegetal quemado
  - Alcohol 96°
  - KHO (Hidróxido de Potasio)
- **Equipos**
  - Agitador magnético
  - Balanza milimétrica
- **Materiales**
  - Vaso de precipitado de 250 ml
  - Vaso de precipitado de 500 ml
  - Plato de reloj
  - Soporte universal
  - Embudo de decantación
  - Matraz Erlenmeyer de 250 ml
  - Probeta de 200 ml
- **Procedimiento**
  - **Preparar El Metóxido:** pesar 2 gramos de KOH y mezclar con 40 ml de Alcohol para luego llevarlo al agitador magnético durante 15 minutos a 700 revoluciones a temperatura ambiente.
  - **Proceso de Transesterificación:** vaciar el Metóxido en un vaso de precipitado con 200 ml del aceite vegetal quemado. Llevar

esta mezcla al agitador magnético durante 15 minutos por 1100 revoluciones a temperatura ambiente, luego dejar 5 minutos más bajando las revoluciones a 400 a temperatura ambiente.

- **Observaciones:** Se observa que a medida que se va mezclando el metóxido con el aceite, la mezcla va cambiando de color ligeramente más claro, la viscosidad también cambió y disminuyó.
- **Decantación:** Vaciar la mezcla en el embudo de decantación montado en el soporte universal. Esperar la separación de las fases durante 24 horas.
- **Resolución**
  - Pasada las 24 horas se observó que la mezcla no se separó en dos fases. Esto nos lleva a concluir que el alcohol no es el disolvente correcto para el reactivo de KOH.

## b) Piloto N°2

- **Reactivos**
  - Aceite vegetal quemado
  - Metanol de 99°
  - NaOH (Hidróxido de Sodio) o Soda Caustica
- **Equipos**
  - Agitador magnético
  - Balanza milimétrica
- **Materiales**
  - Vaso de precipitado de 250 ml
  - Vaso de precipitado de 500 ml
  - Plato de reloj
  - Soporte universal
  - Embudo de decantación
  - Matraz Erlenmeyer de 250 ml
  - Probeta de 200 ml
  - Aceite vegetal quemado del restaurante el Muelle

- **Procedimiento**

- Preparar El Metóxido: pesar 2 gramos de KOH y mezclar con 40 ml de Metanol para luego llevarlo al agitador magnético durante 15 minutos a 700 revoluciones a temperatura ambiente.
- Proceso de Transesterificación: vaciar el Metóxido en un vaso de precipitado con 200 ml del aceite vegetal quemado. Llevar esta mezcla al agitador magnético durante 15 minutos por 1100 revoluciones a temperatura ambiente, luego dejar 5 minutos más bajando las revoluciones a 400 a temperatura ambiente. OBSERVACIONES: Se observa que a medida que se va mezclando el metóxido con el aceite, la mezcla va cambiando de color ligeramente más claro, la viscosidad también cambió y disminuyó.
- Decantación: Vaciar la mezcla en el embudo de decantación montado en el soporte universal. Esperar la separación de las fases durante 24 horas.

- **Resolución**

- Se observó que la mezcla se separó fácilmente en dos fases, concluyendo el proceso de ejecución con éxito.

**c) Piloto N°4**

- **Reactivos**

- Aceite vegetal de Soya virgen
- Metanol de 99°
- KOH (Hidróxido de Potasio)

- **Equipos**

- Agitador magnético
- Balanza milimétrica

- **Materiales**

- Vaso de precipitado de 250 ml
- Vaso de precipitado de 500 ml
- Plato de reloj

- Soporte universal
- Embudo de decantación
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Probeta de 200 ml
- Aceite vegetal de soya nuevo.

- **Procedimiento**

- Preparar El Metóxido: pesar 2 gramos de KOH y mezclar con 40 ml de Metanol para luego llevarlo al agitador magnético durante 15 minutos a 700 revoluciones a temperatura ambiente.
- Proceso de Transesterificación: vaciar el Metóxido en un vaso de precipitado con 200 ml del aceite vegetal quemado. Llevar esta mezcla al agitador magnético durante 15 minutos por 1100 revoluciones a temperatura ambiente, luego dejar 5 minutos más bajando las revoluciones a 400 a temperatura ambiente. OBSERVACIONES: Se observa que a medida que se va mezclando el metóxido con el aceite, la mezcla va cambiando de color ligeramente más claro, la viscosidad también cambió y disminuyó.
- Decantación: Vaciar la mezcla en el embudo de decantación montado en el soporte universal. Esperar la separación de las fases durante 24 horas.

- **Resolución**

- Se observó que la mezcla se separó fácilmente en dos fases, concluyendo el proceso de ejecución con éxito.

### **3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

Los datos serán presentados por medio de descripciones en tablas, gráficos y fotografías, haciendo uso de las descripciones científicas, contemplado el cumplimiento de los objetivos.

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Los datos fueron procesados haciendo uso el software estadístico SPSS 27, con las medidas de tendencia, medianas, modas, medias. Además, se podrán contrastar la hipótesis planteada.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

**Tabla 2**

*Condiciones iniciales de aceite usado*

Pre Test					
Repetición	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Acidez (mgKOH/g)	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	Punto de Inflamación (°C)
1	919,7	0,041	5,638	36,5	82

*Nota.* Los datos que se muestran en la tabla son pre test es decir antes del proceso de transesterificación del aceite, siguiendo el diseño se realizó una evaluación inicial en la que se tiene Densidad 919,7 kg/m<sup>3</sup>, Humedad 0,041 %; Acidez 5,638 mgKOH/g; Viscosidad 36,5 mm<sup>2</sup>/s; Punto de Inflamación 82 °C.

**Tabla 3**

*Condiciones del aceite transformado en biodiésel*

Post Test					
Repetición	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Acidez (mgKOH/g)	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	Punto de Inflamación (°C)
1	877,364	0,115	1,820	5,471	60
2	878,583	0,128	1,362	4,546	67
3	877,694	0,139	1,710	4,567	74
4	877,512	0,111	1,084	4,031	77
5	876,612	0,099	1,181	4,039	70
6	880,656	0,117	1,112	4,039	81
<b>Media</b>	878.070	0.118	1.378	4.449	71.5

*Nota.* Los datos que se muestran en la tabla son del post test es decir después del proceso de transesterificación del aceite en la que se obtuvo biodiesel, siguiendo el diseño se realizó una evaluación final, considerando la media de los ensayos se tiene Densidad 878.070 kg/m<sup>3</sup>, Humedad 0.118%; Acidez 1.378 mgKOH/g; Viscosidad 4.449 mm<sup>2</sup>/s y finalmente el punto de Inflamación 71.5 °C.

**Tabla 4**

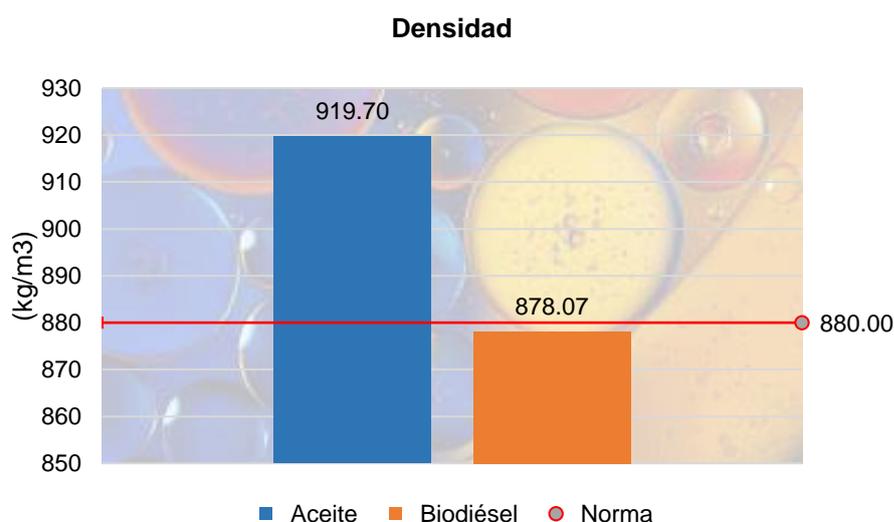
*Procesamiento de los datos experimentales*

Indicador	Medida	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Inferior	Superior
Densidad	Aceite	919.700	0.000	919.700	919.700
	Biodiésel	878.070	0.578	876.584	879.556
	<b>Diferencia</b>	41.630	0.578	40.144	43.116
Humedad	Aceite	0.041	0.000	0.041	0.041
	Biodiésel	0.118	0.006	0.104	0.133
	<b>Diferencia</b>	0.077	0.006	-0.092	-0.063
Acidez	Aceite	5.638	0.000	5.638	5.638
	Biodiésel	1.378	0.129	1.046	1.711
	<b>Diferencia</b>	4.260	0.129	3.927	4.592
Viscosidad	Aceite	36.500	0.000	36.500	36.500
	Biodiésel	4.449	0.229	3.859	5.039
	<b>Diferencia</b>	32.051	0.229	31.462	32.641
Punto de inflamación	Aceite	82.000	0.000	82.000	82.000
	Biodiésel	71.500	3.063	63.626	79.374
	<b>Diferencia</b>	10.500	3.063	2.626	18.374

*Nota.* En la tabla se muestra la media de los datos en la que se verifica los cambios en el proceso de transesterificación, teniendo en densidad del aceite 919.700, para el biodiesel 878.070 con una diferencia 41.630. En Humedad del aceite 0.041, para el biodiesel 0.118 con una diferencia 0.077. En Acidez del aceite 5.638, para el biodiesel 1.378 con una diferencia 4.260. En viscosidad del aceite 36.500, para el biodiesel 4.449 con una diferencia 32.051 y, por último, respecto al punto de inflamación del aceite 82.000, para el biodiesel 71.500 con una diferencia 10.500. en la que estadísticamente se ven cambios significativos.

**Figura 2**

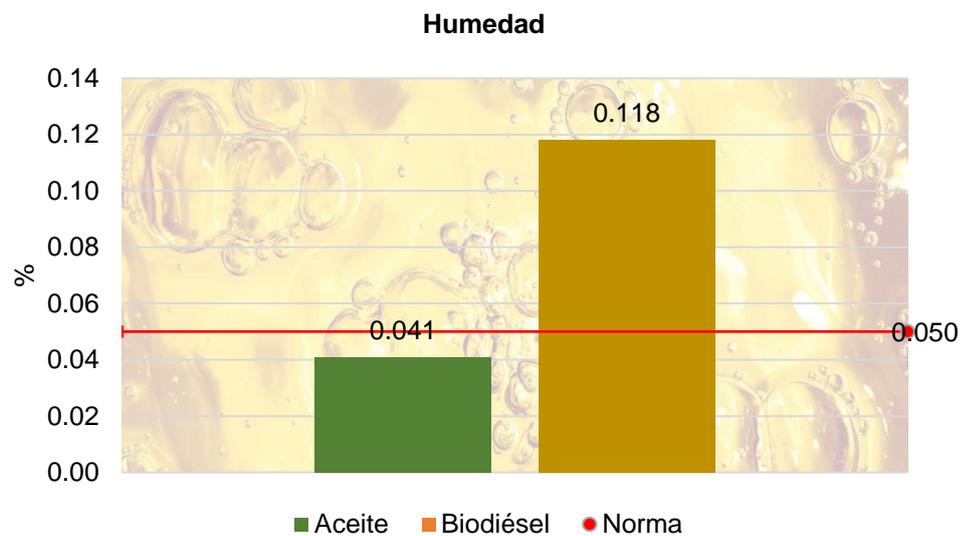
*Dinámica de densidad del aceite a biodiésel*



*Nota.* En la figura se aprecia la densidad del aceite 919.700 kg/m<sup>3</sup>, para el biodiesel 878.070 kg/m<sup>3</sup>, en la que la norma ISO 3676 considera 860 – 900 kg/m<sup>3</sup> (880 en promedio).

**Figura 3**

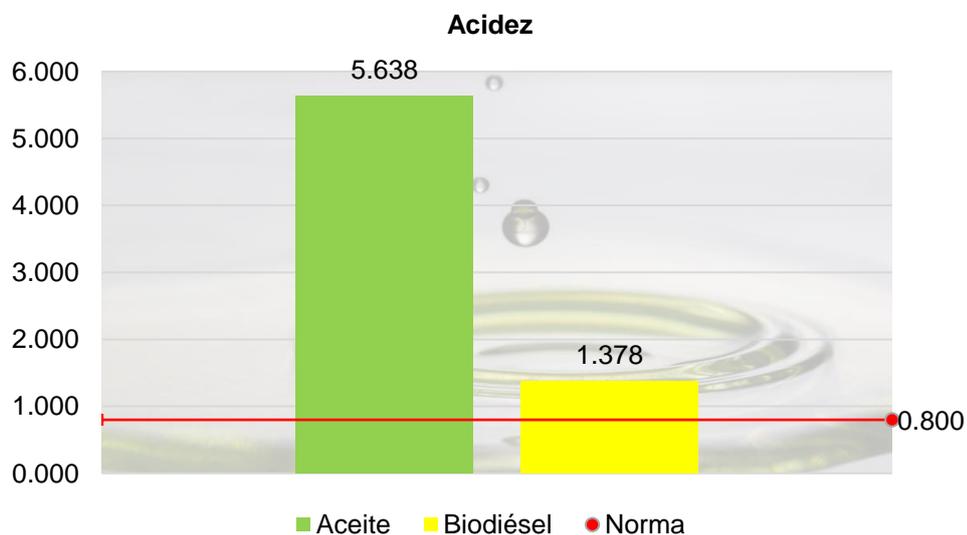
*Dinámica de la humedad del aceite a biodiésel*



Nota. En la figura se aprecia la humedad del aceite 0.041 %, para el biodiesel 0.118 %, en la que el Método D 2709 considera 0.050%, a la que el aceite se aproxima más.

**Figura 4**

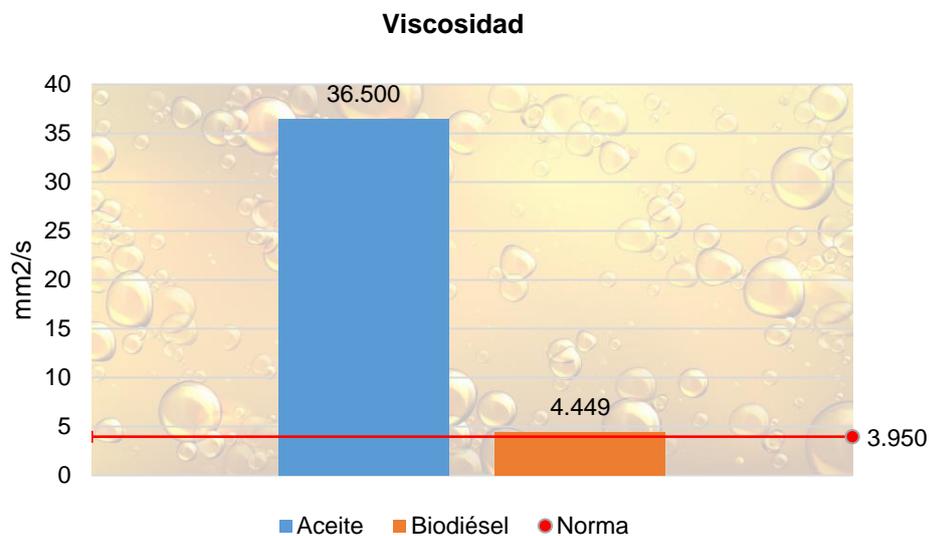
*Dinámica de la acidez del aceite a biodiésel*



Nota. En la figura se aprecia la acidez del aceite 5.638, para el biodiesel 1.378 en la que el Método ASTM D 664 y en 1411 consideran 0.800 a la que el biodiésel se aproxima más.

**Figura 5**

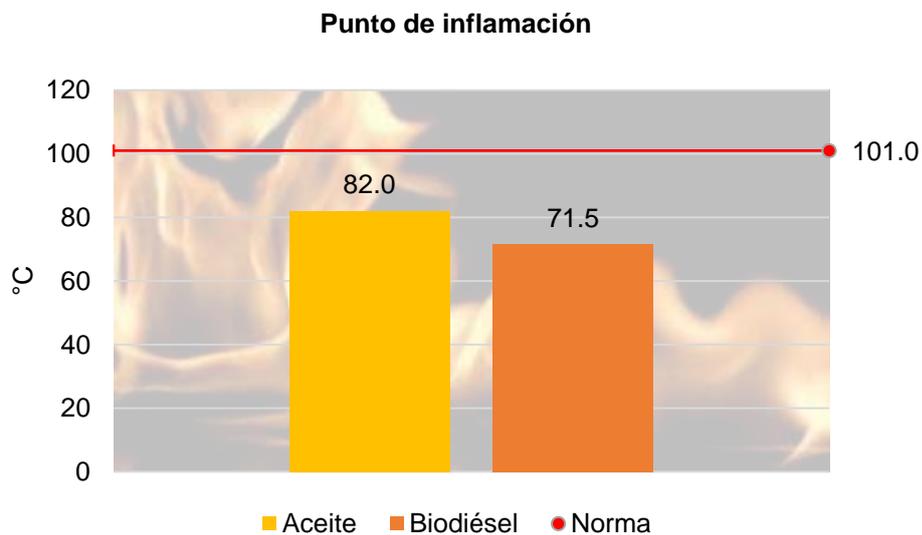
*Dinámica de la viscosidad del aceite a biodiésel*



Nota. En la figura se aprecia la viscosidad del aceite 36.500 mm<sup>2</sup>/s, para el biodiesel mm<sup>2</sup>/s, en la que el Método ASTM D 445 considera 1.9 - 6.0 mm<sup>2</sup>/s (3.950 en promedio) a la que el biodiésel se aproxima más.

**Figura 6**

*Dinámica del punto de inflamación del aceite a biodiésel*



Nota. En la figura se aprecia el punto de inflamación del aceite 82.0 °C, para el biodiesel 71.5 °C en la que el Método ASTM D 93 considera 101.000 °C, a la que el aceite se aproxima más.

## 4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para realizar la prueba de hipótesis es pertinente comprobar la normalidad de los datos, para la elección de un estadístico paramétrico o no paramétrico, para ello se contempla la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Prueba de normalidad de datos*

Parámetro	Grupo	Pruebas de normalidad		
		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Densidad	1	0,873	6	0,238
Humedad	1	0,979	6	0,946
Acidez	1	0,860	6	0,190
Viscosidad	1	0,793	6	0,051
Punto de inflamación	1	0,986	6	0,978

*Nota.* De tabla de la prueba de normalidad de datos, al considerar la significancia bilateral (p-valor) que superan el 5% (0.05) en todos los parámetros evaluados, se consideró utilizar un procedimiento estadístico paramétrico, en este caso teniendo 1 grupo experimental es t de Student para una muestra \*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors.

El presente estudio plantea la contrastación de la siguiente hipótesis:

**H1:** El proceso de transesterificación convierte el aceite vegetal usado en biodiesel, en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023.

**H0:** El proceso de transesterificación no convierte el aceite vegetal usado en biodiesel, en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023.

El nivel de significancia establecido fue el convencional (**5%**). Y el cálculo del p-valor por medio de la prueba estadística.

**Tabla 6***Prueba t para una muestra*

<b>Prueba para una muestra</b>						
<b>Valor de prueba = 0</b>						
<b>Parámetro</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Dif. de medias</b>	<b>95% de intervalo de confianza de la diferencia</b>	
					<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
Densidad	72,006	5	0,000	41,629833	40,14367	43,11600
Humedad	-13,635	5	0,000	-,07717	-,0917	-,0626
Acidez	32,936	5	0,000	4,25983	3,9274	4,5923
Viscosidad	139,717	5	0,000	32,05117	31,4615	32,6409
Punto de inflamación	3,428	5	0,019	10,50000	2,6257	18,3743

*Nota.* En la tabla habiéndose obtenido un p-valor (significancia) menor a 5% (0.05), se aprecia que, tras el experimento del proceso de transesterificación, es menos improbable que la hipótesis nula sea aprobada, por lo que es pertinente considerar la aprobación de la hipótesis alterna. Dado que todos los parámetros indican que se obtuvo biodiésel.

**Tabla 7***Interpretación de los datos*

<b>Indicador</b>	<b>Medida</b>	<b>Media</b>
<b>Densidad (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Aceite	919.700
	Biodiésel	878.070
	<b>Norma</b>	860 - 900
<b>Humedad (%)</b>	Aceite	0.041
	Biodiésel	0.118
	<b>Norma</b>	0.050
<b>Acidez</b>	Aceite	5.638
	Biodiésel	1.378
	<b>Norma</b>	0.800
<b>Viscosidad (mm<sup>2</sup>/s)</b>	Aceite	36.500
	Biodiésel	4.449
	<b>Norma</b>	1.9 - 6.0
<b>Punto de inflamación (°C)</b>	Aceite	82.000
	Biodiésel	71.500
	<b>Norma</b>	101.000

*Nota.* Los datos para la interpretación fueron tomados de ISO 3676 para densidad; el Método D 2709 para humedad; el Método ASTM D 664 y en 1411 para la acidez; el Método ASTM D 445 para la viscosidad y el Método ASTM D 93 para el punto de inflamación.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con la aplicación del método de investigación mediante la contrastación y prueba de hipótesis, se sustentan los resultados que demuestran que el proceso de transesterificación es efectiva para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal quemado en restaurante El Muelle Pillco Marca-Huánuco con una significancia de  $r = 213.3 > 0.05$ , de esta manera, teniendo como conclusión: Después de haber realizado el proceso de transesterificación del aceite vegetal quemado el biodiésel presentó una viscosidad de 5.7767(mm<sup>2</sup>/s), una densidad 877.584 Kg/m<sup>3</sup>, una acidez de 0.0188 mg KOH/g, una humedad de 0.1018% y, un punto de inflamación de 60°C. Por tanto, Durán et al, (2015) sustenta que los aceites vegetales consumidos en estado oxidado por a la exposición de calor se asocian de forma positiva con el riesgo de hipertensión arterial por el proceso de oxidación al que se someten, la generación de compuestos polares y productos poliméricos y también disminuye el contenido de vitaminas E; es así, que Demirbas, (2007) señala que la transesterificación, es la reacción de aceites o grasas con alcoholes en presencia de un catalizador para producir ésteres y glicerol; esta es una reacción reversible y no ocurre de forma espontánea, por lo que es necesario utilizar un catalizador para promover y acelerar la reacción. En particular, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2010) señala que el biodiesel corresponde a un combustible renovable, derivado de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales. Después de este proceso y a diferencia del aceite del que se dio origen, el biodiesel (éster metílico) tiene una viscosidad similar al diésel derivado del petróleo y puede sustituirlo en los usos más comunes.

La principal razón por la que los aceites vegetales no son utilizados directamente en motores diésel es por su viscosidad. Desde un punto de vista, los resultados encontrados en nuestro proceso de investigación y haciendo una comparación con otros estudios encontramos que Salazar, (2001) encontró que el biodiésel a base de aceite de cocina usada (ACU) en la ciudad de Santiago de Cali, puede sumar de manera significativa a disminuir las

emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) en comparación con los combustibles fósiles; no representa una amenaza para el planeta y el agua y, puede contribuir de forma limitada al suministro energético de la región. Asimismo, Portella; (2002) muestra que las condiciones óptimas para la obtención de biodiésel y los ensayos realizados indicaron que la mejor cantidad de Metóxido de Sodio es de 50 ml, con un tiempo de reacción de 60 minutos, debido a que el rendimiento fue de 87.23 % en función al biodiésel obtenido, lo cual se estima que en ese tiempo se disuelve todo el metóxido con el aceite reciclado. Por otra parte, Monsefú, (2019) encontró que el proceso que se debía utilizar para la obtención del biodiésel es la transesterificación básica homogénea debido a que el índice de ácidos grasos libres se encuentra por debajo del 2 %. Según, Lescano, (2019) señala que el biodiésel obtenido tiene un rendimiento del 83.663 % cumple con parámetros de calidad establecidos en la norma y presenta un perfil de éster metílico de ácido graso completo, el cual determina la idoneidad del biodiésel para el uso de materia prima animal para la producción de combustible.

Pérez S.et al 2022 en su estudio de investigación titulado “Condiciones del proceso de transesterificación en la producción de biodiésel y sus distintos mecanismos de reacción” México, muestra los resultados de la obtención de un biodiesel B100 a partir del aceite vegetal residual de palma (obtenido) por medio de la transesterificación empleando alcohol metílico con relación molar metanol- aceite de 6:1 y como catalizador al hidróxido de sodio 1 % en peso, a diferentes tiempos de reacción y temperaturas. Se realizó una caracterización fisicoquímica a cada muestra de biodiesel obtenido con el fin de determinar su calidad, así como también al aceite empleado como materia prima, estos resultados se compararon con las normas ASTM D 6 751, EN 14 214 y la NTE INEN 1640. Por medio de la caracterización físico-química obteniendo resultados de densidad a 15°C fue de 898 kg/m<sup>3</sup>, la viscosidad cinemática a 40 °C de 2,496 mm<sup>2</sup>/s, el índice de acidez de 0,561 mgKOH/g, el contenido de humedad de 0,03%. Resultados que se acercan a los del presente estudio ya se estudiaron los mismos parámetros obteniendo resultados de densidad 877.584 Kg/m<sup>3</sup>, viscosidad cinemática de 5.7767

mm<sup>2</sup>/seg, índice de acidez 0.0188 mgKOH/g y de humedad 0.10 %, siendo igualmente comparadas con normas internacionales.

Bulla Pereira, 2014 en su Tesis con título: “Diseño del proceso de producción del biodiesel a partir de aceites de fritura” Universidad Nacional de Colombia – Bogotá. Resultados; se ha obtenido biodiesel con propiedades físicas y químicas según los parámetros de la norma ASTM D 6751 con una eficiencia de 93,52 % p/p FAEE's, y trazas de 4,60 % p/p de mono, diglicéridos. Teniendo relación con el presente trabajo ya que los parámetros físico químicos del biodiesel obtenido también fueron comparados con la norma ASTM D 6751 y además con la norma ASTM D 93, ASTM D 445, ASTM D 664, ASTM D 2709 y también con la norma europea UNE-EN 14214.

Sarracent López, 2016 en su trabajo con título “Estudio de la transformación del Aceite de Soya usado en ésteres etílicos de ácidos grasos – La Habana Cuba”. Resultados obtenidos, utilizando el equipo disponible, el análisis arrojó que la mejor cantidad de metóxido de sodio fue 50 ml, con un tiempo de reacción de 60 minutos, datos que difieren con el presente trabajo ya que el catalizador utilizado fue KOH formándose un metóxido de potasio, con respecto a la cantidad de metóxido utilizado fue de 40 ml, con un tiempo de reacción de 40 minutos según lo observado en la mezcla, ya que fue el tiempo suficiente para obtener una mezcla homogénea.

Rodríguez P, 2017 En su trabajo titulado “Caracterización del biodiesel obtenido a partir de aceite de *Jatropha curcas* L”, La Habana Cuba, se compararon sus propiedades químico físicas con las especificaciones de la norma brasileña, el mismo que difiere de nuestro trabajo en la naturaleza de la materia prima, puesto que en el presente trabajo se utilizó como materia prima el aceite de palma, demostrando así que todo tipo de aceite de origen vegetal es apto para la elaboración de biodiesel bajo el proceso de transesterificación.

Palma Hernández, 2021 tuvo objetivo general de su estudio determinar la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiésel elaborado a partir del aceite residual, concluyendo que las propiedades fisicoquímicas del

biodiésel a partir del aceite residual se encuentran dentro de los rangos establecidos en la NTP 321.125:2019. Con respecto en agua y sedimentos, punto de inflamación, viscosidad cinemática a 40°C y cenizas sulfatadas, encontrando coincidencias en los parámetros estudiados como agua y sedimentos o humedad, punto de inflamación y velocidad cinemática, que a su vez fueron comparadas con las normas estandarizadas internacionales de biodiesel.

Souza 2021 en su investigación con título; “Utilización de cenizas de cáscara de Musa x paradisiaca L. como catalizador en la obtención de biodiésel de aceites vegetales usados Universidad Nacional de Trujillo– Perú”. Concluyó que la ceniza de cáscara de plátano calcinada tiene un gran potencial para ser utilizada como catalizador en la producción de ésteres metílicos a partir de aceites vegetales residuales, ya que el alto contenido de potasio en la composición química les confiere fuertes propiedades básicas, coincidiendo con la presente investigación ya que el elemento químico, potasio, fue utilizado en ambos casos como catalizador, pero de distinta naturaleza.

Martínez Sánchez 2016, teniendo como objetivo la producción de biodiesel a partir del aceite usado en pollerías de la Urbanización Mariscal Cáceres - Distrito de san juan de Lurigancho – 2016, se aplicó el método experimental y el proceso de transesterificación, utilizando como reactivo al metanol para la reacción y como catalizador hidróxido de potasio (KOH). Donde se realizaron 3 ensayos, la relación que guarda con la presente investigación, parte desde la materia prima, aceite vegetal usado de un restaurante, el análisis pre test al aceite que fue materia prima, en donde se analizaron los mismos parámetros tales como: contenido de agua o humedad, densidad, índice de acidez y viscosidad, realizando 6 repeticiones los cuales fueron promediados para obtener el resultado final, asimismo se realizaron los análisis de los mismos parámetros al biodiesel obtenido, por lo que se encuentra grandes coincidencias con nuestro trabajo.

Lescano Pizarro, 2019 En el presente trabajo de investigación logró la transesterificación de los ácidos grasos de las grasas del matadero municipal

de Tingo María para la obtención del biodiesel, para la extracción de aceite de las grasas se calentó 2 Kg de sebo bovino obteniendo un rendimiento de extracción del 33 %, para la determinación de la dosificación del catalizador se calculó el índice de acidez del aceite de grasa animal, que fue 1.0915 mg NaOH/g, datos que difieren con el presente trabajo, la materia prima utilizada en el presente trabajo fue el aceite vegetal usado y se tuvo como catalizador el KOH.

## CONCLUSIONES

El proceso de transesterificación permite el aprovechamiento de los aceites usados y poder obtener biodiésel en condiciones óptimas, además otros componentes como la glicerina.

Antes del proceso de transesterificación aceite vegetal quemado en el restaurante El Muelle presenta Densidad 919,7 kg/m<sup>3</sup>, Humedad 0,041 %; Acidez 5,638 mgKOH/g; Viscosidad 36,5 mm<sup>2</sup>/s; Punto de Inflamación 82 °C.

Después del proceso de transesterificación al obtener biodiesel a partir de aceite vegetal quemado se tiene densidad 878.070 kg/m<sup>3</sup>, Humedad 0.118%; Acidez 1.378 mgKOH/g; Viscosidad 4.449 mm<sup>2</sup>/s y finalmente el punto de Inflamación 71.5 °C.

Al comparar los resultados antes y después del proceso de transesterificación la densidad del aceite 919.700 kg/m<sup>3</sup>, para el biodiesel 878.070 kg/m<sup>3</sup>, en la que la norma ISO 3676 considera 860 – 900 kg/m<sup>3</sup> (880 en promedio). la humedad del aceite 0.041 %, para el biodiesel 0.118 %, en la que el Método D 2709 considera 0.050%, a la que el aceite se aproxima más. la acidez del aceite 5.638, para el biodiesel 1.378 en la que el Método ASTM D 664 y en 1411 consideran 0.800 a la que el biodiésel se aproxima más. la viscosidad del aceite 36.500 mm<sup>2</sup>/s, para el biodiesel mm<sup>2</sup>/s, en la que el Método ASTM D 445 considera 1.9 - 6.0 mm<sup>2</sup>/s (3.950 en promedio) a la que el biodiésel se aproxima más. el punto de inflamación del aceite 82.0 °C, para el biodiesel 71.5 °C en la que el Método ASTM D 93 considera 101.000 °C, a la que el aceite se aproxima más.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda:

Realizar el proceso de transesterificación para transformar el aceite en biodiésel usando diferentes metóxidos como el alcohol o metanol y diferentes reactivos como el hidróxido de sodio e hidróxido de potasio.

Realizar un pretratamiento o limpieza de los aceites usando filtros que separen los sólidos o impurezas que puedan afectar su reacción química y la obtención del biodiésel o demás derivados.

A la Universidad de Huánuco, implementar y equipar el laboratorio químico con equipos e insumos que permitan mejorar los experimentos y los trabajos de estequiometría. Además de dotar de profesionales capacitados que conozcan el manejo y uso de todos los equipos de laboratorio para evitar el traslado a otras universidades y laboratorios particulares.

Promover este tipo de investigaciones en los cursos de química, ya que son procedimientos sencillos y accesibles, creando en los estudiantes interés por la investigación y en los procesos de transformación.

A la Municipalidad de Huánuco, promover el reciclaje de aceite vegetal usado, para evitar o mitigar la contaminación de fuentes de agua, considerando la segregación y acopio en lugares óptimos.

A las personas en general no disponer los aceites usados en los canales de desagüe, ya que al contacto con el agua se solidifica mezclándose con algunos sólidos obstruyen el flujo normal del agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Demirbas, A. (2007). *Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines*. Springer Science & Business Media.
- Departamento de medio ambiente de Comisiones Obreras. (2006). *Guía Para la reducción del impacto Ambiental de los aceites industriales Usados* (p. 49). Observatorio de Medio Ambiente de Aragon. <http://istas.net/descargas/Gu%C3%ADa%20para%20la%20reducci%C3%B3n%20del%20impacto%20ambiental%20de%20los%20aceites%20usados.pdf>
- Domínguez Candela, I. (2020). *Hacia una economía circular: Modificación química de aceite de chia (Salvia Hispanica) para su empleo como potenciales sustitutos de compuestos de origen petroquímico usados en el sector de los polímeros [Universidad Politécnica de València]*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/155476>
- Durán Agüero, S., Torres García, J., & Sanhueza Catalán, J. (2015). *Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: Características y propiedades*. <http://www.aulamedica.es/nh/pdf/8874.pdf>
- Fernández Gonzalez, J., Gutierrez Martín, F., Del Río Gonzáles, P., San Miguel Alfaro, G., Bahillo Ruiz, A., Sánchez Hervas, J. M., Ballesteros Perdices, M., Vásquez Miguela, M. Á., Aracil Mira, J., & Rodriguez Anton, L. M. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Editorial Paraninfo.
- Gioia, G. (2013). *Gestión Integral de Aceites Vegetales Usados (AVU's)*. 31.
- Guillermo, J., Gasparini, R., Rodríguez, M., Guillermo, J. H., Estrada, J., & Filgueiras. (2009). *Manual de Biocombustibles*. ARPEL.
- Hazell, P. (2020). *Bioenergía y agricultura: Promesas y retos*. Intl Food Policy Res Inst.

- Henzen, R., & Weenk, E. (2021). *Economía circular: Un enfoque práctico para transformar los modelos empresariales* (Primera edición). MARGE BOOKS.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- INEI. (2012). Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos 2008—2009 (p. 117). Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1028/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1028/Libro.pdf)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2010). *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel*. IICA.
- Izquierdo, M. E. F., & Martínez, G. L. (2021). *Economía Circular: Fundamentos y aplicaciones* (Primera edición). Aranzadi / Civitas.
- Jarauta, L. (2014). *Las energías renovables*. Editorial UOC.
- Jiménez Herrero, L., & Pérez Lagüela, E. (2019). *Economía Circular-Espiral: Transición hacia un metabolismo económico cerrado* (Primera edición). ECOBOOK.
- Lescano Pizarro, F. H. (2019). *Transesterificación de los ácidos grasos de las grasas del matadero municipal de Tingo María para la obtención de biodiesel* [Universidad Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1607>
- López Martínez, A. M. (2022). *Diseño de un modelo de negocio enfocado en economía circular a partir del aceite vegetal usado* [Thesis, Uniautónoma del Cauca]. <http://repositorio.uniautonomo.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/6>

- MacArthur, A. (2013). Circular economy introduction. <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Martínez Ruiz, H. (2012). Metodología de la investigación. Cengage Learning Editores.
- Monsefu Colmenares, Y. J. (2019). Propuesta técnica para la producción de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites usados dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura [Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2067>
- Muñoz, I. (2019). Aceite de freír: La contaminación silenciosa de las aguas. Ladera Sur. <https://laderasur.com/articulo/aceite-de-freir-la-contaminacion-silenciosa-de-las-aguas/>
- Nanda, S., & Vo, D.-V. N. (2022). Innovations in Thermochemical Technologies for Biofuel Processing. Elsevier.
- Portella Camones, C. A. (2022). Obtención de biodiesel a partir de los residuos de aceite de cocina [Universidad Nacional José Juan Faustino Sánchez Carrión]. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/6173>
- PRODUCE. (2019). “La economía circular está dentro de nuestros temas prioritarios de trabajo”. <https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/18943-ministro-de-la-produccion-la-economia-circular-esta-dentro-de-nuestros-temas-prioritarios-de-trabajo>
- Ruiz, G. (2018). El origen del biodiesel: Usos y ventajas. Erenovable.com. <https://erenovable.com/el-biodiesel-el-origen-y-sus-ventajas/>
- Salazar López, B. A. (2021). Modelo de abastecimiento de aceite usado de cocina para la producción sostenible de biodiésel [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Autónoma de Occidente (UAO)]. <https://hdl.handle.net/10614/12997>

Solís Amanzo, I., & Neira Montoya, M. E. (2018). Impacto al medio ambiente del aceite doméstico usado y su reutilización en la producción de jabón [Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1916>

Souza Nájjar, R. I. (2021). Utilización de cenizas de cáscara de Musa x paradisiaca L. como catalizador en la obtención de biodiésel de aceites vegetales usados [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17913>

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

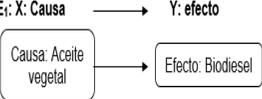
Martinez de la Mata, C. (2024). *Evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante El Muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022 - 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

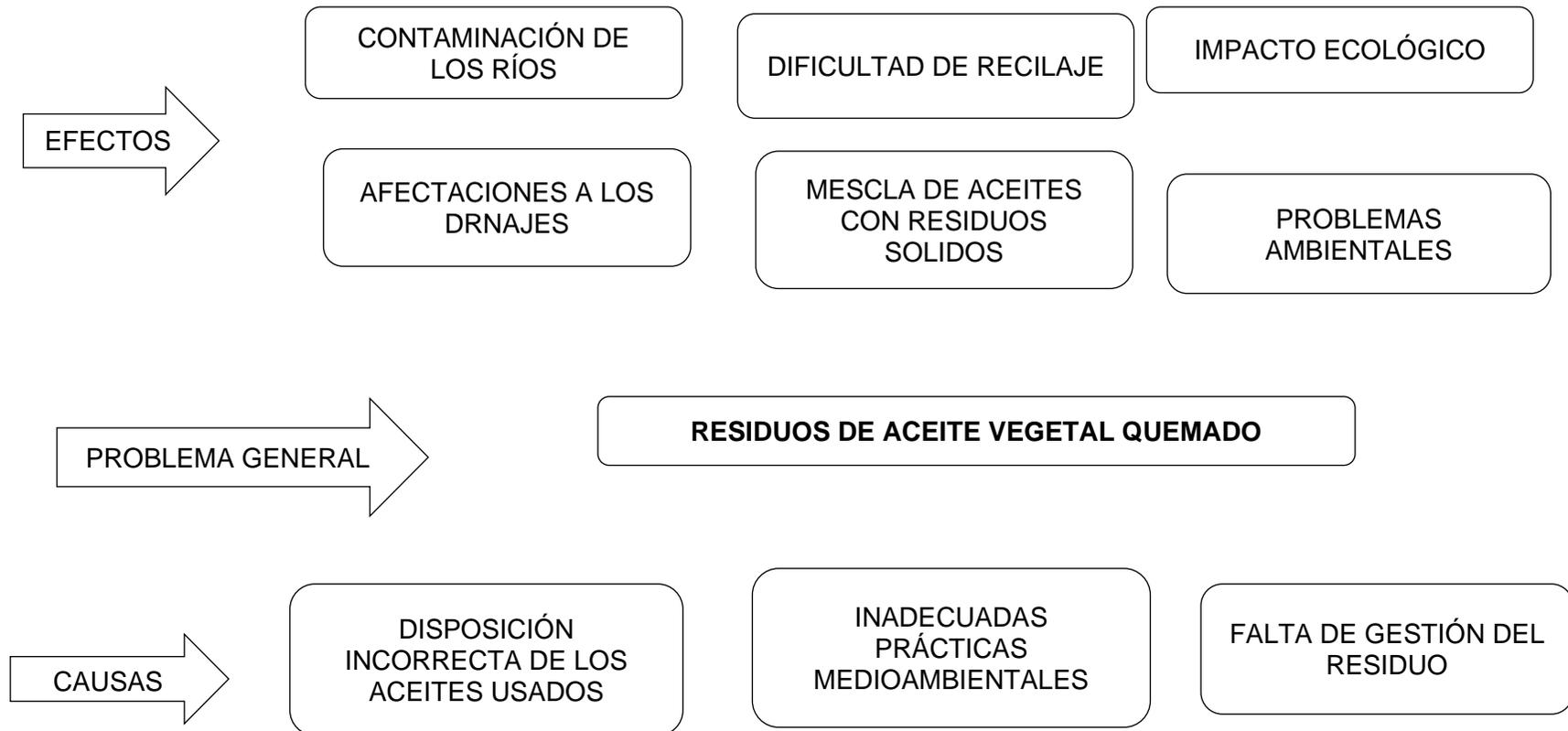
### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Título:** “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE BODIESEL A PARTIR DE ACEITE VEGETAL EN EL RESTAURANTE EL MUELLE, PILLCO MARCA – HUÁNUCO, 2022 - 2023”

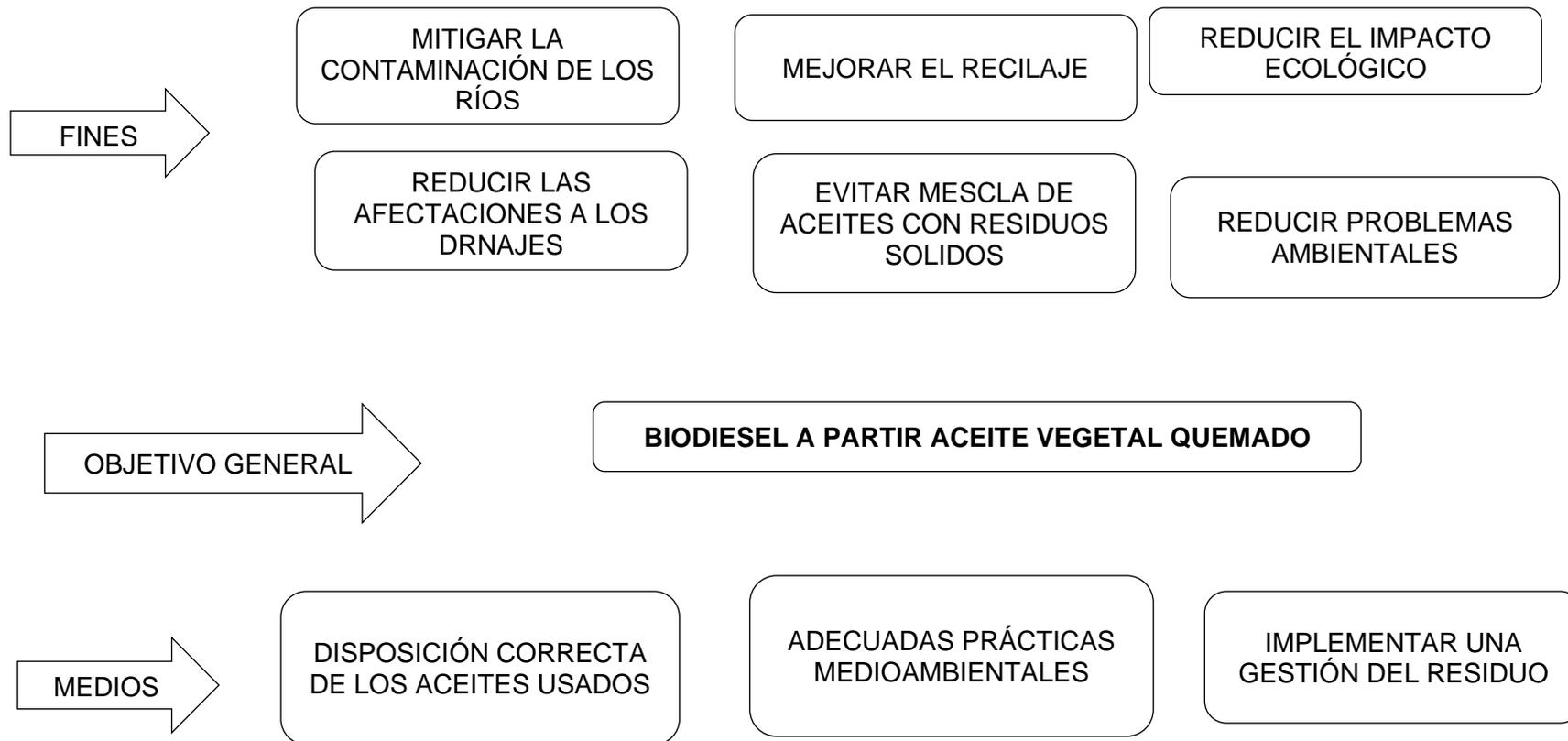
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el resultado de la evaluación del proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar el proceso de transesterificación para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco.</li> </ul>	<p>H1: Es posible obtener por transesterificación biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022.</p>	<p><b>V. Independiente:</b></p> <p>Evaluación del proceso de transesterificación</p>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada, por el aporte al conocimiento.</p> <p><b>Enfoque:</b> cuantitativo.</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo, especifica características.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál será el mejor procedimiento para la elaboración del biodiesel?</li> <li>¿Cuáles son las características del aceite vegetal para la obtención del biodiesel?</li> <li>¿Cuál será el mejor tiempo, catalizador, temperatura en el procesamiento de la obtención del biodiesel?</li> <li>¿Cuáles son las propiedades del biodiesel obtenido?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar el mejor procedimiento para la elaboración del biodiesel.</li> <li>Caracterizar el aceite vegetal para la obtención del biodiesel.</li> <li>Determinar el mejor tiempo, catalizador, temperatura en el procesamiento de la obtención del biodiesel.</li> <li>Evaluar las propiedades del biodiesel obtenido según las normas técnicas.</li> </ul>	<p>H0: Es posible obtener por transesterificación biodiesel a partir de aceite vegetal en el restaurante el muelle, Pillco Marca – Huánuco, 2022.</p>	<p>– <i>Tiempo de agitación</i></p> <p>– <i>Temperatura</i></p> <p><b>V. Dependiente:</b></p> <p><i>Biodiesel</i></p> <p>– <i>Físicos</i></p> <p>– <i>Químicos</i></p>	<p><b>Diseño:</b></p> <p>E: X: Causa → Y: efecto</p>  <p><b>Población:</b> aceites usados en los ambientes del restaurante El Muelle, Pillco Marca.</p> <p><b>Muestra:</b> 10 litros de aceites usados</p>

## ANEXO 2

### DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS



**ANEXO 3**  
**DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES**



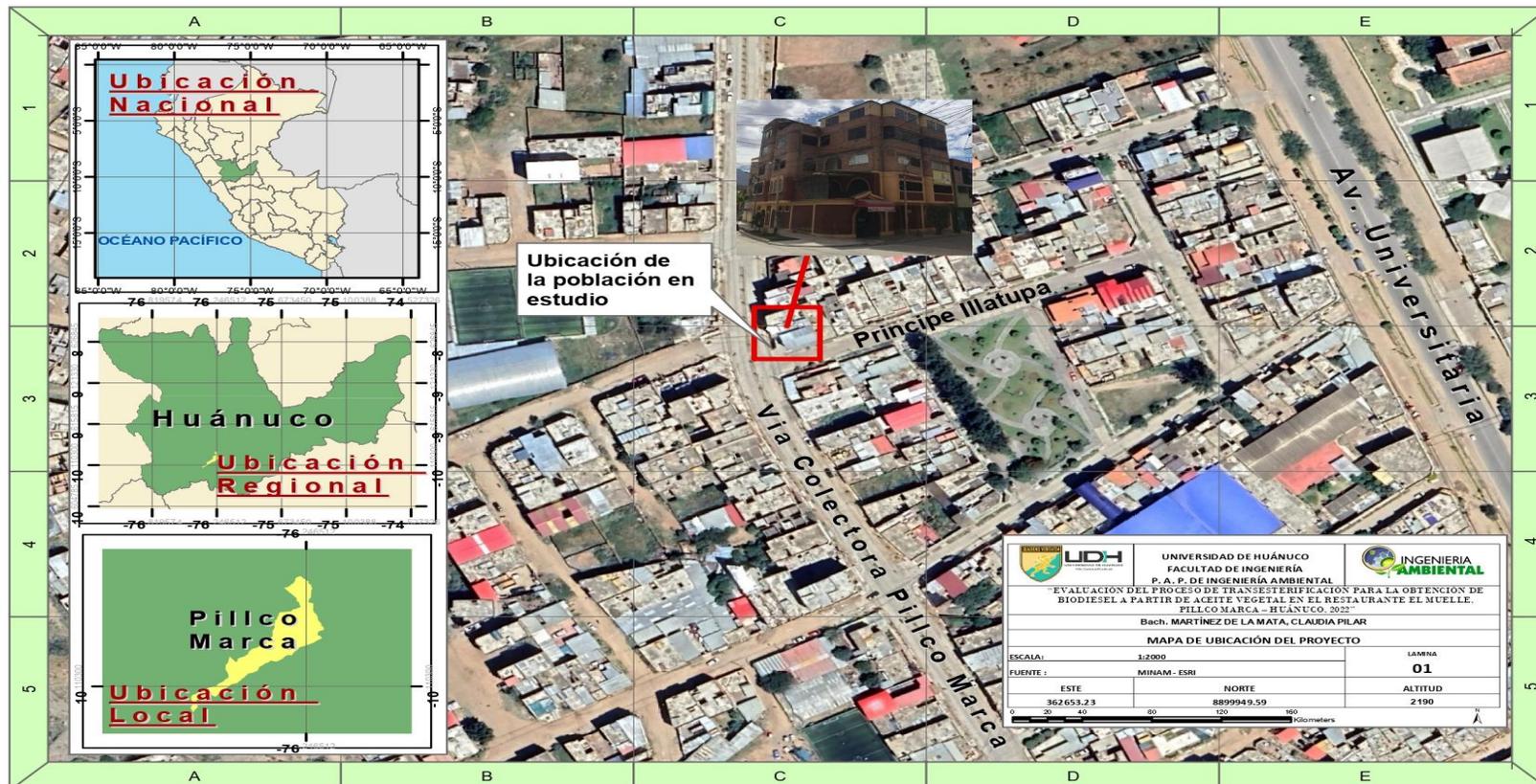
## ANEXO 4

### FICHA DE CAMPO PARA RECOLECTAR ACEITES QUEMADOS

<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE HUÁNUCO</b>						
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA AMEBIENTAL</b>						
<b>INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>		<b>TITULO: “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE VEGETAL QUEMADO EN EL RESTAURANTE EL MUELLE, PILLCO MARCA – HUÁNUCO, 2022”</b>				
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>						
<b>PRE PRUEBA (ACEITE QUEMADO)</b>	<b>ANALISIS/VALORES</b>	<b>VALORES PREDETERMINADOS</b>		<b>VALORES OBTENIDOS</b>		<b>OBS</b>
	VISCOSIDAD					
	DENSIDAD					
	ACIDEZ					
	PUNTO DE INFLAMACIÓN					
	HUMEDAD					
<b>POST PRUEBA (BIODIESEL)</b>	<b>REPETICIONES/ ANALISIS</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>ACIDEZ</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>VISCOSIDAD</b>	<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN</b>
	VALORES PREDETERMINADOS DEL BIODIESEL					
	1 er PILOTO					
	2 do PILOTO					
	3 er PILOTO					
	4 to PILOTO					
	5 to PILOTO					
	1 er REPETICIÓN OFICIAL					
	2 da REPETICIÓN OFICIAL					

## ANEXO 5

### MAPA DE UBICACIÓN DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO



# ANEXO 6

## RESULTADOS EMITIDOS POR LABORATORIO

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 016**



**INFORME DE ENSAYO N°: 00937H/23  
No. Referencia Intertek: 2023-LIMA-000218**

<b>Cliente:</b> CLAUDIA PILAR MARTÍNEZ DE LA MATA	<b>Referencia del Cliente:</b> Correo Electrónico
<b>Contacto:</b> Claudia Martínez	
<b>Dirección:</b> Jr. Príncipe Illathupac Mz. E L1.12 – Huánuco - Perú	

<b>Descripción de la Muestra:</b> <sup>(a)</sup> BIODIESEL	<b>Fecha de recepción:</b> 27-Abril-2023
<b>Identificación:</b> Biodiesel; Piloto 1	<b>Fecha inicio de análisis:</b> 27-Abril-2023
<b>Cantidad:</b> 300.00 mL	<b>Fecha fin de análisis:</b> 29-Abril-2023
<b>Presentación:</b> Envase de plástico	<b>ID Muestra:</b> 2023-LIMA-000218-001
<b>Procedencia:</b> Suministrado por el Cliente.	<b>ITS REF.:</b> PER/04572-23
<b>Lugar de ensayo:</b> Laboratorio Caleb Brett	

Método/Versión	Ensayo	Resultado	Unidad
ASTM D445-21e2	Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos (y Cálculo de la Viscosidad Dinámica)		
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	23.47	cSt
ASTM D93-20	Punto de Inflamación por Equipo Pensky-Marten		
	Punto de Inflamación Corregido	<60.0	°C
	Procedimiento	C	

<sup>(a)</sup> Según lo indicado por el cliente

Notas:

1. Este Informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de INTERTEK TESTING SERVICES PERU S.A.
2. Los resultados de los ensayos emitidos en el presente informe sólo son válidos para la muestra indicada no debiendo ser usados como una certificación de conformidad o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo brinda.
3. Los resultados de los ensayos emitidos han sido realizados por el Laboratorio Caleb Brett.
4. La información contenida en este informe está basada en pruebas de laboratorio y observaciones realizadas por Intertek Testing Services Perú S.A. La muestra fue enviada por el cliente sólo para análisis. En estos casos, donde nosotros no podemos acreditar la procedencia de la muestra, Intertek Testing Services Perú S.A. renuncia a cualquier responsabilidad por daño o lesión que puede resultar por el uso de la información contenida en este informe, y nada de lo contenido debe ser constituido como una garantía o representación por Intertek Testing Services Perú S.A. con respecto a la exactitud de la información, la muestra, producto o ítem descrito, o su adecuación de uso para cualquier propósito específico.

Autorizado por:

Firmado Digitalmente Por: DAVID  
 JOHEL SULLCA RAMOS  
 Cargo: Coordinador de laboratorio  
 DNI: 46716698  
 Fecha: 3/05/2023 17:16:03



**Intertek Testing Services Perú S.A.**  
 Calle Mariscal José de la Mar N° 200  
 Urb. Industrial Residencial El pino, San Luis, Lima  
 + 511 644 9714 - intertekperu@intertek.com  
 intertek.com.pe

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N°: 00938H/23  
No. Referencia Intertek: 2023-LIMA-000218

<b>Cliente:</b> CLAUDIA PILAR MARTINEZ DE LA MATA	<b>Referencia del Cliente:</b> Correo Electrónico
<b>Contacto:</b> Claudia Martínez	
<b>Dirección:</b> Jr. Príncipe Illathupac Mz. E Lt.12 – Huánuco - Perú	

<b>Descripción de la Muestra:</b> <sup>(a)</sup> BIODIESEL	<b>Fecha de recepción:</b> 27-Abril-2023
<b>Identificación:</b> Biodiesel; Repetición Oficial 1	<b>Fecha inicio de análisis:</b> 27-Abril-2023
<b>Cantidad:</b> 300.00 mL	<b>Fecha fin de análisis:</b> 29-Abril-2023
<b>Presentación:</b> Envase de plástico	<b>ID Muestra:</b> 2023-LIMA-000218-002
<b>Procedencia:</b> Suministrado por el Cliente.	<b>ITS REF.:</b> PER/04572-23
<b>Lugar de ensayo:</b> Laboratorio Caleb Brett	

Método/Versión	Ensayo	Resultado	Unidad
ASTM D445-21e2	Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos (y Cálculo de la Viscosidad Dinámica) Viscosidad Cinemática a 40 °C	5.039	cSt
ASTM D93-20	Punto de Inflamación por Equipo Pensky-Marten Punto de Inflamación Corregido	<60.0	°C
	Procedimiento	C	

<sup>(a)</sup> Según lo indicado por el cliente

Notas:

1. Este Informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de INTERTEK TESTING SERVICES PERU S.A.
2. Los resultados de los ensayos emitidos en el presente informe sólo son válidos para la muestra indicada no debiendo ser usados como una certificación de conformidad o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo brinda.
3. Los resultados de los ensayos emitidos han sido realizados por el Laboratorio Caleb Brett.
4. La información contenida en este informe está basada en pruebas de laboratorio y observaciones realizadas por Intertek Testing Services Perú S.A. La muestra fue enviada por el cliente sólo para análisis. En estos casos, donde nosotros no podemos acreditar la procedencia de la muestra, Intertek Testing Services Perú S.A. renuncia a cualquier responsabilidad por daño o lesión que puede resultar por el uso de la información contenida en este informe, y nada de lo contenido debe ser constituido como una garantía o representación por Intertek Testing Services Perú S.A. con respecto a la exactitud de la información, la muestra, producto o ítem descrito, o su adecuación de uso para cualquier propósito específico.

Autorizado por:

Firmado Digitalmente Por: DAVID  
JOHEL SULLCA RAMOS  
Cargo: Coordinador de laboratorio  
DNI: 46715698  
Fecha: 3/05/2023 17:16:06



Intertek Testing Services Perú S.A.  
Calle Mariscal José de la Mar N° 200  
Urb. Industrial Residencial El pino, San Luis, Lima  
+ 511 644 9714 - intertekperu@intertek.com  
intertek.com.pe

Página 1 de 1

## ANEXO 7

### PANEL FOTOGRÁFICO

#### Fotografía 1

*Acopio de los 20 litros de Aceite vegetal usado*



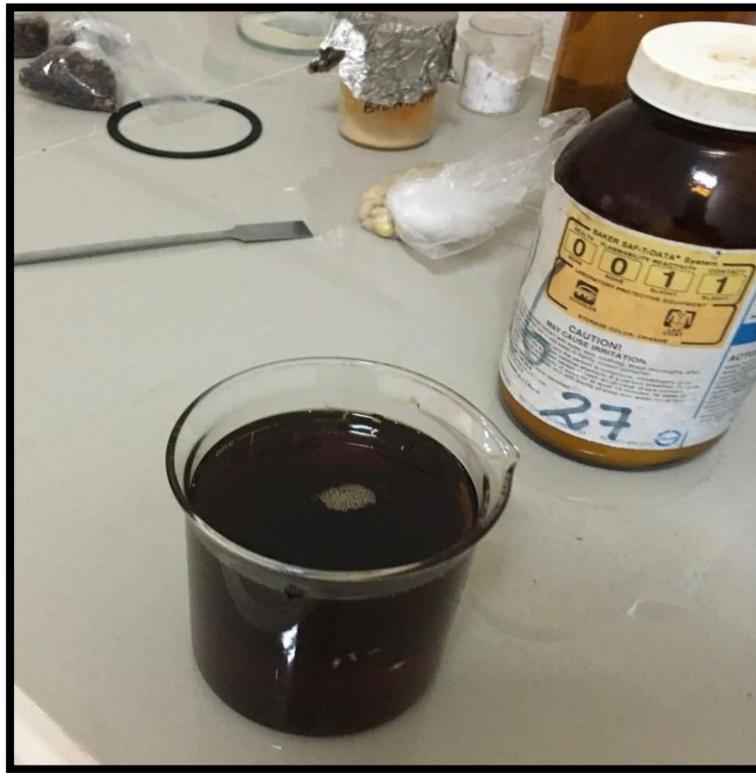
#### Fotografía 2

*Primer proceso de filtrado del aceite vegetal quemado*



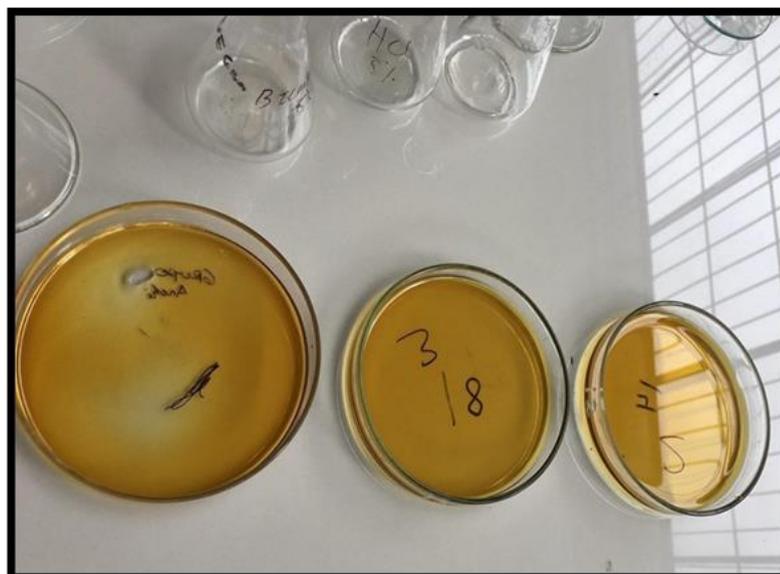
**Fotografía 3**

*Muestras de aceite en vaso de precipitado para su análisis*



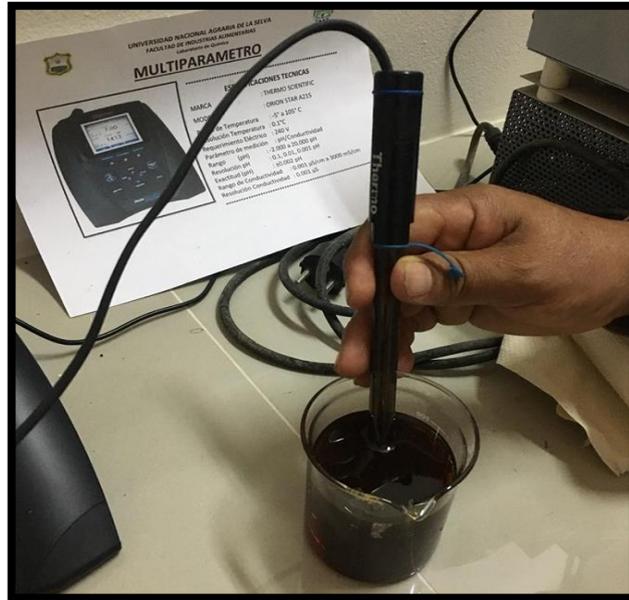
**Fotografía 4**

*Análisis de humedad en placas Petri*



### Fotografía 5

*Temperatura del aceite vegetal quemado para la viscosidad*



### Fotografía 6

*Medida de la densidad usando el pinnómetro*



**Fotografía 7**

*Hallando la acidez del aceite vegetal quemado*



**Fotografía 8**

*Condiciones de acidez del aceite vegetal quemado*



### Fotografía 9

*Hallando el punto de inflamación del aceite vegetal quemado*



### Fotografía 10

*Propiedades del Catalizador de Hidróxido de Potasio*



**Fotografía 11**

*Materiales, equipos y reactivos necesarios para el proceso*



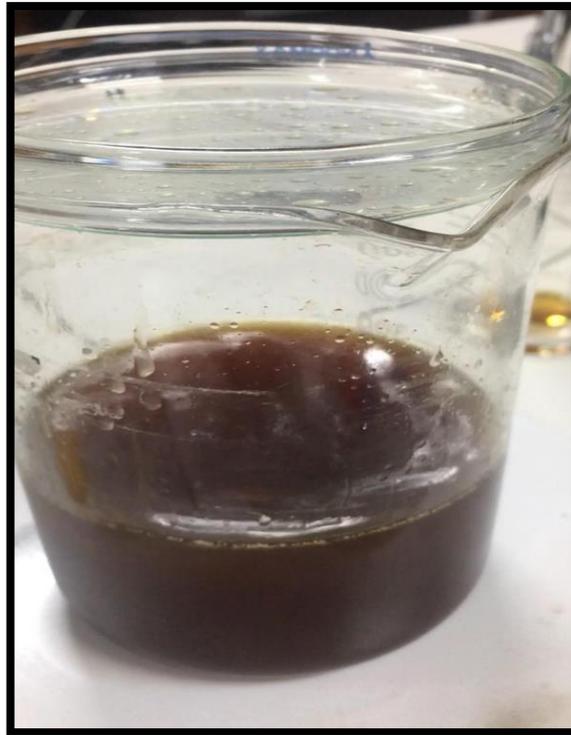
**Fotografía 12**

*Mezcla del aceite vegetal quemado con el Metóxido*



**Fotografía 13**

*La mezcla se toma uniformidad y la viscosidad disminuye*



**Fotografía 14**

*Mezcla del aceite vegetal quemado con metóxido*



**Fotografía 15**

*Embudo para la separación del biodiésel y glicerina*



**Fotografía 16**

*Separación de glicerina y biodiesel, respectivamente*

