

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel, Huánuco 2023-2024”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Romero Medrano, Richard Nixon

ASESOR: Gamez Penadillo, Joel

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**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.**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71609001

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23018222

Grado/Título: Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión.

Código ORCID: 0000-0003-4228-565X

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Zacarías Ventura, Hector Raúl	Doctor en ciencias de la educación	22515329	0000-0002-7210-5675
2	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532



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 17:00 horas del día 07 del mes de abril del año 2025, 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:

- Dr. Hector Raúl Zacarías Ventura (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0469-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA TRANSESTERIFICACIÓN (MÉTODO DE MIKE PELLY) DEL ACEITE RESIDUAL DOMÉSTICO Y EL ACEITE RESIDUAL PECUARIO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIÉSEL, HUÁNUCO 2023-2024"**, presentado por el (la) Bach. **ROMERO MEDRANO, RICHARD NIXON**; 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 18:00 horas del día 07 del mes de ABRIL del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Hector Raúl Zacarías Ventura
DNI: 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675
Presidente

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

Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DNI: 46378040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: RICHARD NIXON ROMERO MEDRANO, de la investigación titulada "Comparación de la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel, Huánuco 2023-2024", con asesor(a) JOEL GAMEZ PENADILLO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0398-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 17 % 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, 27 de diciembre 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

80. ROMERO MEDRANO, Richard Nixon.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

17 %	17 %	2 %	4 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %
2	revistas.uis.edu.co Fuente de Internet	2 %
3	core.ac.uk Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	2 %
5	ribuni.uni.edu.ni 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

Agradezco a Dios por iluminar mi camino durante toda mi formación profesional.

A mis padres, Nixon Eugenio Romero Oviedo y Luz Soledad Medrano Flores, quienes han sido la base y guía en mi desarrollo profesional. Mi madre me enseñó que los sueños pueden hacerse realidad, mientras que mi padre me mostró que la responsabilidad es la clave para abrir muchas puertas. Ellos han sido los mejores modelos a seguir y la fuente de inspiración que me ha permitido alcanzar una de las tantas metas que me propuse lograr.

AGRADECIMIENTO

A Dios, le doy las gracias por haberme encaminado y permitirme concluir con uno de mis objetivos.

A mi Universidad, mi gratitud especial va dirigida a la Universidad de Huánuco, por haberme brindado la oportunidad de acceder al conocimiento y por ser el vínculo que me permitió aprender de los catedráticos del claustro universitario.

A mi asesor, por haberme brindado su tiempo, paciencia y guía en la realización de esta investigación.

A mis padres, les extiendo mi gratitud eterna por su amor sin límites, por ser el sostén fundamental en mi crecimiento personal y profesional, y por apoyarme incondicionalmente en cada paso hacia la consecución de mis metas.

A mis hermanos, por su respaldo constante y sin reservas, que fue fundamental para poder llevar a término esta investigación con éxito.

A mi enamorada, Mi agradecimiento a Zila Vela, por su firme apoyo y el tiempo valioso que me brindó, lo que me motivó a seguir adelante y no abandonar el progreso de esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	21
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2. BASES TEÓRICAS	28

2.2.1. TRANSESTERIFICACIÓN	28
2.2.2. MÉTODO DE MIKE PELLY	29
2.2.3. TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITES	30
2.2.4. PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE POR TRANSESTERIFICACIÓN POR EL MÉTODO SUBCRÍTICO	30
2.2.5. CATALIZADORES	30
2.2.6. CATÁLISIS ALCALINA	32
2.2.7. BIODIÉSEL	34
2.2.8. PRODUCTO EN BRUTO PARA LA ELABORACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE	35
2.2.9. BENEFICIOS DEL BIODIÉSEL	36
2.2.10. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIODIÉSEL.....	37
2.2.11. DESEMPEÑO AMBIENTAL DEL BIODIÉSEL	38
2.2.12. BIODIÉSEL COMO COMBUSTIBLE	39
2.2.13. PRODUCCIÓN CATALÍTICA DE BIODIÉSEL	39
2.2.14. ALCOHOL	40
2.2.15. ANTISÉPTICO METÁLICO	40
2.2.16. USO DIRECTO Y MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES ...	41
2.2.17. MICROEMULSIÓN DE ACEITES VEGETALES	41
2.2.18. PIRÓLISIS DE ACEITES VEGETALES	42
2.2.19. ACEITE DE FRITURA.....	42
2.2.20. ÓLEO DE MANTECA ANIMAL	43
2.3.DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	45
2.4.HIPÓTESIS.....	51
2.5.VARIABLES	51
2.5.1 . VARIABLE DE CALIBRACIÓN	51
2.5.2 . VARIABLE EVALUATIVA.....	51

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	52
CAPÍTULO III	53
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.1. ENFOQUE	54
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	54
3.1.3. DISEÑO	55
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	56
3.2.1. POBLACIÓN	56
3.2.2. MUESTRA	56
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	57
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	62
CAPÍTULO IV	63
RESULTADOS	63
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	63
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	68
CAPÍTULO V	70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXO	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de entrada y salida para producción de biodiésel.....	33
Tabla 2 Importantes utilidades del biodiésel	36
Tabla 3 Operacionalización de variables	52
Tabla 4 Ubicación del lugar de acopio de los aceites	56
Tabla 5 Cuadro de técnicas e instrumentos usados en el proyecto	58
Tabla 6 Descripción del parámetro densidad, Kg/m ³ del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario	63
Tabla 7 Descripción de los parámetros punto de inflamación (°C) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario	65
Tabla 8 Descripción de los parámetros Viscosidad, (cSt) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario	66
Tabla 9 Prueba de normalidad de los datos.....	68
Tabla 10 Prueba de hipótesis.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Obtención de Biodiésel y Glicerina	49
Figura 2 Obtención de Glicerol.....	50
Figura 3 Descripción del parámetro densidad (Kg/m ³) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario	64
Figura 4 Descripción de los parámetros punto de inflamación (°C) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario	65
Figura 5 Descripción de los parámetros Viscosidad, (cSt) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario	67

RESUMEN

La investigación lleva por título Comparación de la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel, Huánuco 2023-2024. Tuvo como objetivo principal de este estudio es comparar la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel. La metodología utilizada fue de carácter experimental y se enmarca en una investigación cuantitativa, donde se evaluaron distintos parámetros de calidad del biodiésel obtenido, como la viscosidad, la densidad y el punto de inflamación. Contó con la selección de dos grupos experimentales: Utilizando 02 muestras de aceite residual doméstico y 02 muestras de aceite residual pecuario. Se empleó 04 unidades experimentales, que fueron sometidas al proceso de transesterificación con aplicaciones periódicas de metanol en presencia de un catalizador, siguiendo el protocolo establecido por el método de Mike Pelly. Las mediciones de los parámetros evaluativos y de seguimiento se realizaron en intervalos regulares durante un período de 7 días. Los resultados indicaron que, aunque ambos tipos de aceite residual son viables para la producción de biodiésel, se observaron diferencias significativas en algunos parámetros clave. El Biodiésel obtenido a partir del aceite residual doméstico presentó un rendimiento ligeramente superior y mejores características en términos de densidad y punto de inflamación en comparación con el biodiésel derivado del aceite residual pecuario. Estas diferencias sugieren que la fuente del aceite residual influye en la calidad final del biodiésel producido.

En conclusión, la transesterificación mediante el método de Mike Pelly es eficaz para la producción de biodiésel a partir de ambos tipos de aceite residual.

Palabras clave: Transesterificación, biodiésel, aceite residual doméstico, aceite residual pecuario, método de Mike Pelly.

ABSTRACT

The research is titled Comparison of the Effectiveness of Transesterification (Mike Pelly Method) of Domestic Waste Oil and Livestock Waste Oil for Biodiesel Production, Huánuco 2023–2024. The primary objective of this study was to compare the effectiveness of transesterification (Mike Pelly Method) of domestic waste oil and livestock waste oil for biodiesel production. The methodology used was experimental in nature and framed within a quantitative research approach, where various quality parameters of the biodiesel produced were evaluated, such as viscosity, density, and flash point.

Two experimental groups were selected, comprising two samples of domestic waste oil and two samples of livestock waste oil. Four experimental units were subjected to the transesterification process, with periodic applications of methanol in the presence of a catalyst, following the protocol established by the Mike Pelly method. Measurements of the evaluation and monitoring parameters were conducted at regular intervals over a period of seven days.

The results indicated that although both types of waste oil are viable for biodiesel production, significant differences were observed in some key parameters. Biodiesel produced from domestic waste oil demonstrated slightly higher yields and better characteristics in terms of density and flash point compared to biodiesel derived from livestock waste oil. These differences suggest that the source of the waste oil influences the final quality of the biodiesel produced.

In conclusion, transesterification using the Mike Pelly method is effective for producing biodiesel from both types of waste oil.

Keywords: Transesterification, biodiesel, domestic waste oil, livestock waste oil, Mike Pelly method.waste oil.

INTRODUCCIÓN

El agotamiento de los recursos fósiles y sus múltiples efectos ambientales han intensificado la búsqueda de alternativas sostenibles, como el biodiésel, un combustible renovable que se puede obtener a partir de aceites y grasas residuales. Aunque la transesterificación es clave en la conversión de estas materias en biodiésel, la eficiencia del proceso puede variar según el tipo de residuo utilizado. Esto plantea una pregunta crucial: ¿Es más eficiente el aceite residual doméstico o el aceite residual pecuario en la producción de biodiésel utilizando el método de Mike Pelly?

Este estudio aborda la necesidad de identificar cuál de estos residuos, el doméstico o el derivado del pecuario, produce un biodiésel de mayor calidad. La investigación compara la eficacia del proceso de transesterificación en ambos tipos de aceites, buscando determinar cuál ofrece mejores resultados en término de calidad. La relevancia de esta investigación radica en su potencial para mejorar la sostenibilidad ambiental y económica, promoviendo un uso más eficiente de los recursos locales y ofreciendo una base científica para futuras investigaciones en la industria del biocombustible.

El objetivo principal de esta investigación es comparar la eficiencia del método de Mike Pelly en la transesterificación de aceites residuales domésticos y pecuarios, evaluando parámetros de calidad del biodiésel, como densidad, viscosidad y punto de inflamación.

Los resultados obtenidos indican que ambos tipos de aceite residual pueden utilizarse para producir biodiésel, aunque se observan diferencias significativas en algunos parámetros que favorecen al aceite doméstico en cuanto a densidad y punto de inflamación. Estas conclusiones sugieren que la elección del tipo de aceite residual influye en la calidad final del biocombustible y que, mediante ajustes en el proceso de transesterificación, es posible optimizar su producción para lograr un biodiésel más eficiente y amigable con el medio ambiente.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El manejo inadecuado de los aceites residuales, tanto de origen doméstico como pecuario, ha generado preocupaciones significativas en términos ambientales y de salud pública. Este problema es especialmente grave en zonas urbanas y rurales donde los sistemas de gestión de residuos no están completamente desarrollados. Cuando los aceites usados, derivados de la cocina o de actividades pecuarias, son desechados sin tratamiento adecuado, suelen terminar en cuerpos de agua y en el sistema de alcantarillado, lo que provoca una contaminación extensa y persistente en el tiempo.

Los aceites residuales, debido a su naturaleza hidrofóbica, flotan en la superficie del agua y forman una capa que bloquea el intercambio de gases entre la atmósfera y el agua. Esta película superficial impide la oxigenación adecuada de los cuerpos de agua, afectando directamente la vida acuática. En cuerpos de agua contaminados, los peces y otras formas de vida marina pueden morir por falta de oxígeno, lo que altera gravemente los ecosistemas acuáticos y genera condiciones anóxicas. Estas condiciones no solo afectan la biodiversidad, sino también la calidad del agua, que a menudo es utilizada para consumo humano, actividades agrícolas y ganaderas.

Además, cuando los aceites residuales ingresan en el sistema de alcantarillado, su acumulación provoca bloqueos que afectan el flujo adecuado de las aguas residuales. Estos bloqueos pueden generar desbordamientos que, en muchos casos, llevan a que las aguas contaminadas se filtren en el suelo circundante, comprometiendo la calidad del subsuelo y del agua subterránea. Esto representa un peligro tanto para la agricultura como para las comunidades que dependen del agua limpia para el consumo diario.

La contaminación del suelo por aceites residuales también disminuye su capacidad de retener nutrientes y afecta negativamente su fertilidad, impactando el rendimiento de los cultivos.

El problema de los aceites residuales es de gran magnitud. De acuerdo con estudios recientes, en países desarrollados se generan aproximadamente 200.000 toneladas de aceites residuales al año, provenientes tanto de hogares como de actividades industriales. En zonas rurales, las actividades pecuarias, como la producción de carne y derivados, generan grandes cantidades de aceite residual que, si no se gestiona adecuadamente, también puede contribuir significativamente a la contaminación ambiental. En muchos casos, estos aceites se vierten directamente en los cuerpos de agua o se utilizan incorrectamente como combustible o lubricante, sin un tratamiento previo.

A nivel global, el uso excesivo de combustibles fósiles ha llevado a un aumento alarmante de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el dióxido de carbono (CO_2) uno de los principales contribuyentes al calentamiento global. La búsqueda de soluciones sostenibles ha promovido el desarrollo de biocombustibles, entre los cuales el biodiésel ha surgido como una alternativa prometedora debido a su capacidad para reducir significativamente las emisiones de CO_2 . El biodiésel se obtiene a partir de aceites vegetales y grasas animales a través de un proceso químico denominado transesterificación, que convierte los triglicéridos en ésteres metílicos o etílicos, los cuales pueden ser utilizados como combustible para motores diésel.

En este contexto, la producción de biodiésel a partir de aceites residuales, tanto de origen doméstico como pecuario, presenta una doble ventaja. Por un lado, permite dar un uso útil a los aceites residuales que de otro modo serían desechados, contribuyendo así a la reducción de la contaminación ambiental. Por otro lado, genera una fuente de energía renovable que puede ser utilizada como una alternativa sostenible a los combustibles fósiles.

Esto no solo ayuda a disminuir la dependencia de los recursos no renovables, sino que también impulsa la economía circular, fomentando la reutilización de residuos.

Sin embargo, el proceso de transesterificación presenta varios desafíos técnicos que deben abordarse para optimizar su eficiencia y mejorar la calidad del biodiésel obtenido. El proceso requiere operar a altas temperaturas y bajo condiciones anhidras (sin agua) para evitar la formación de jabones, un subproducto no deseado que compromete la calidad del biodiésel. Además, la eficiencia de la transesterificación depende en gran medida del tipo de aceite residual utilizado. Los aceites residuales domésticos, provenientes principalmente del uso de aceites de cocina, y los aceites residuales pecuarios, derivados de la grasa animal, tienen composiciones químicas diferentes, lo que influye en la calidad del biodiésel resultante.

Los aceites residuales domésticos suelen contener niveles más bajos de ácidos grasos libres en comparación con los aceites pecuarios, lo que podría hacer que el proceso de transesterificación sea más eficiente y genere un biodiésel de mayor calidad en términos de densidad, viscosidad y punto de inflamación. Por otro lado, los aceites pecuarios, debido a su mayor contenido de grasas saturadas, podrían ofrecer ventajas en términos de estabilidad térmica y capacidad de combustión, pero podrían requerir un mayor control de los parámetros del proceso para evitar la formación de subproductos no deseados.

La calidad del biodiésel es un factor crítico, ya que determina su eficiencia como combustible en motores diésel. Parámetros como la densidad, viscosidad y punto de inflamación son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo en los motores, así como para asegurar que el biodiésel cumpla con los estándares internacionales, como las normativas ASTM D6751 y EN 14214. Además, un biodiésel de baja calidad puede generar problemas de combustión, lo que afectaría negativamente la eficiencia energética y podría incrementar las emisiones contaminantes.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuáles son los valores de la densidad del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario?

¿Cuáles son los valores de la viscosidad y punto de inflamación del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los valores de la densidad del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.

Describir los valores de la viscosidad y punto de inflamación del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se centró en la eficacia del método de transesterificación entre el aceite residual doméstico y aceite residual pecuario, en la obtención de biodiésel esto fomenta la reutilización de estos aceites, ya que al no ser desechados promueven a mitigar o disminuir la contaminación de las fuentes de agua donde estos son desechados.

Teniendo en cuenta que el biocombustible es un carburante que se logra a partir de fuentes orgánicas reutilizables, los que pueden ser los aceites, grasas de animales y óleos vegetales residuales (aceite de cocina), Estos se convierten en un nuevo origen electivo de energía, con una alta reducción de porcentaje al someter a las operaciones de petróleo crudo y reducir las manifestaciones de gases que contaminan el aire, generadas en la flota automotriz (parque automotor).

Relevancia Teórica

El desarrollo de la investigación es de condición aplicativo, ya que se empleó la producción de biodiésel para demostrar la efectividad del aceite residual pecuario y aceite residual por el método de transesterificación, que se utilizan para obtener el carburante como es el biocombustible y en paralelo en minimizar la alteración negativa de estos agentes externos al recurso hídrico donde son desechados alterando los parámetros del agua.

Relevancia Metodológica

Las técnicas empleadas en la investigación se basaron en la elaboración de biodiésel por medio del aceite residual pecuario y aceite residual doméstico de manera simultánea, teniendo como base el índice de cetano y los parámetros correspondientes para este combustible, para obtener el biodiésel, en un periodo de 7 días como máximo, con análisis del biodiésel obtenido cada 2 días para probar la efectividad de este.

Relevancia Práctica

La relevancia de dicha investigación promueve la disminución de la contaminación que alteran los parámetros del agua; además de que, si dicha investigación reporta datos favorables, se aportará a los anteriores datos obtenidos para este proceso, dando como resultado una información más precisa.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las condiciones presentes de esta investigación fue la obtención de algunos productos químicos los cuales fueron difícil conseguir. Otra limitación fue el periodo del tiempo en la obtención del biodiésel, buscando métodos que optimicen el proceso, pero, que no afecte la obtención. La investigación se encontró limitado a evaluar la viscosidad, punto de inflamación y densidad, mas no el índice de octanaje ni la ignición puesto, que los recursos financieros son escasos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La recolección de información es factible por las sucesivas razones:

El aceite residual tanto doméstico como pecuario pondrían obtenerse desde el domicilio, ambos son de fácil obtención u acceso. Se cuenta con la accesibilidad de recursos monetarios para la ejecución del trabajo de proyecto, ya que no solo será asumido por el investigador sino, también por financiamiento externo.

Los elementos que se utilizaron para el proyecto se pudieron obtener mediante la compra, para la medición de los parámetros se contó con un laboratorio donde se realizan los estudios referentes a hidrocarburos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Arévalo et al. (2018), en su revista científica: Obtención de biodiésel a partir de grasa bovina, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador 2018, tuvieron como **Objetivo:** Obtener biodiésel a partir de la grasa conseguida por los bovinos. La **Metodología** realizada consistió, en las prácticas ejecutadas donde se estudiaron los escenarios óptimos de resistencia, transformando la correlación del peso del antiséptico-propiciador (KOH), con la media térmica en la interacción, de la rapidez de complemento para el fermento, mostrando punto a punto en el artículo. Se obtiene así un biocombustible con un aprovechamiento que oscila entre el 88 y 90% con una manifestación del impulsor de 3.7 a 3.8 % a una temperatura de 58 °C. **Resultado:** Se observa que empíricamente la transformación de triglicéridos es superior a los datos del mediador oscilando en 2 y 3 g considerando que con estas cantidades no se necesita de un proceso de partición ni limpieza. **Conclusiones:** Se determinó como ameno las siguientes circunstancias de procedimiento, ya que, con estas se obtuvo una productividad de entre 88 y el 90 % con una manifestación del catalizador que se encuentra entre el 3,7 a 3,8 % de una temperatura de 58 °C. Con esa calidad ya no es indispensable el proceso de limpieza ni saneamiento del biodiésel.

Gómez et al. (2022), en su artículo científico: Obtención de biodiésel por transesterificación in situ a partir de semillas de *Jatropha Curcas* L., Universidad Industrial de Santander - Colombia 2022, tuvieron como **Objetivo:** Obtener biodiésel por medio de la transesterificación in situ a partir de semillas de *Jatropha Curcas* L. La **Metodología** realizada consistió que, para los experimentos se

emplearon semillas de *Jatropha Curcas* L. suministradas por la empresa Colombiana de Biocombustibles S.A. (COLBIO S.A.). Para determinar la cantidad de aceite presente en las semillas se hizo una extracción Soxhlet usando hexano. Primero, se descascararon las semillas; después, se maceraron 10 gramos de semillas descascaradas con un mortero y se secaron a 105 °C durante dos horas para eliminar la humedad superficial y no afectar las características del aceite presente en estas. Posteriormente, se llevaron a un desecador hasta enfriar y lograr peso constante. Por último, se sometieron a la extracción Soxhlet; las semillas secas se pusieron en un cartucho poroso de extracción, en contacto con 180 cm³ de hexano (pureza $\geq$ 98% p/p, calidad analítica) en un equipo Soxhlet durante 6 horas. **Resultados:** Para cada una de las muestras obtenidas se analizó la productividad del biocombustible (g de biodiésel/g de aceite contenido en la semilla) y el contenido en FAME (g de FAME/g de biodiésel); este último fue el parámetro más relevante, ya que la norma EN-14214 especifica la pureza del biodiésel y estipula un mínimo de 96,5% (p/p) de FAME (éster metílico de ácido graso) para la comercialización del mismo, se considera que las muestras M44-1,2-135 y M50-1,34-125 lograron los mejores rendimientos y contenido de FAME. **Conclusiones:** En esta investigación se logró disminuir la relación molar del metanol: aceite utilizado durante la transesterificación in situ con semillas de *Jatropha*, en comparación con la estudiada por otros autores; la reducción del empleo de metanol impactaría directamente en los costos de producción de un proceso industrial. También se aprecia que la temperatura necesaria para el proceso se puede reducir con la cantidad de hexano adicionado, ya que se observa un aumento en el rendimiento en temperaturas próximas a 44 °C (temperaturas bajas). En estas situaciones se obtuvo un beneficio de 71,99% de biocombustible con 90,36% de FAME. El biodiésel obtenido no superó el valor mínimo del éster metílico de ácido graso demandado por la política de la UNE-14214 al ser utilizado como

un combustible comercial.

Vera et al. (2020) en su artículo científico: Producción de biodiésel a partir de aceite de cocina usado, Fundación Universitaria San Mateo - Colombia 2020, tuvieron como **Objetivo:** Elaborar biocombustible por medio de óleos reutilizados. Su **Metodología** realizada consistió, en primer lugar, se hizo la destilación al vacío del óleo, realizando la determinación del propio se asentó en cuatro ensayos, ambas (lista de acidez y peróxidos) se ejecutaron como las reglas del NTC 218 y 236, correspondientemente, las otras dos (pegajosidad y consistencia) se efectuaron, por medio del procedimiento de picnómetros y el viscosímetro Brookfield. **Resultados:** El biodiésel derivado tiene una tonalidad café negro y mostraba una disminución en la viscosidad. Primero, al cumplir el estudio de la consistencia se alcanza una media de 0,88 g/mL, alcanzando con la determinación, se efectuó la relación de acidez, el cual se sometió significativamente adquiriendo un importe de 0,21 mg de KOH/gr mientras el valor del índice de acidez del óleo acabado poseía una estimación de 4,73 mg de KOH/gr, asumiendo lo que muestra la norma ASTM para el biocombustible esta determinación de ácido está intrínsecamente de la proporción solicitada, de su uso en la fabricación (máximo 0,5 mg de KOH/gr). **Conclusiones:** De la determinación fisicoquímica del óleo comestible usado se consiguió una cantidad de ácido de 4,73 mg de KOH/gr, lo que mostró que al cometer la etapa inicial de esterificación es fundamental, para reducir está lista de acidez, mejorar la utilidad de la reacción y no beneficiar la saponificación durante el transcurso del proceso. En la transesterificación primordial se justificó que la utilidad del biodiésel fue cerca del 70%. Aun así, en la limpieza se derrochó un 20% del biodiésel, debido a que se formaron algunos jabones en la reacción volviendo el biocombustible soluble en la humedad.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Barrutia y Tarazona (2019), en su tesis: Comparación de biodiésel a partir del aceite extraído de la grasa de cerdo y de pato, Universidad Cesar Vallejo- Perú 2019. Tuvieron como **Objetivo:** Comparar el biodiésel obtenido a partir del aceite extraído de la grasa de cerdo y de pato. La **Metodología** que se manejó, de acuerdo a la clasificación del estudio es aplicativo con orientación cuantitativo, de este modo las variables tienen diferentes suposiciones, para lo cual, se instituyó el espécimen de diseño, se evaluaron las diferencias, posteriormente se desplegaron las observaciones oportunas según el método estadístico apropiado y los cierres se evidenciaron de acuerdo a las hipótesis trazadas. **Resultados:** Las cuantificaciones tanto químicas como físicas del biocombustible a partir del óleo extirpado del sebo de cerdo y del pato. Los productos fueron evaluados y comparados para identificar sus diferencias en relación con las especificaciones establecidas en la norma ASTM D6751, que regula la eficacia de los biocombustibles. De ese modo se estableció el excelente ritmo de composición (aceite/alcohol/catalizador) para la obtención del biocombustible. **Conclusiones:** Centralmente de las proporciones físicas y químicas, a fin de que el combustible logrado de restos aceitosos provenientes de origen animal porcino se logró una consistencia de 0.901 g/ml, la densidad en movimiento de 3,03 mm²/s, una cantidad de acidez de 0,45 mgKOH/g, un poder ardiente menor de 7447,64 cal/g y está comprendido del rocío que es el 0,0346%.

García y Baldizón (2018), en su tesis: Producción de biodiésel a partir del reciclamiento de aceite de cocina mediante un proceso mecanizado, utilizando el método de Mike Pelly, Universidad Nacional de Ingeniería - Perú 2018, tuvieron como **Objetivo:** Producir biodiésel a partir del reciclamiento de aceite de cocina mediante un proceso mecanizado, utilizando el método de Mike

Pelly. La **Metodología** utilizada en la investigación es de clasificación expresiva, ya que, se quiere corroborar los patrimonios, tipos y fisonomías del mezclado en estudio; tipo aclaratoria ya que las consecuencias procedentes de la indagación y cotejar con la teoría compilada se probará declarar la calidad en la creación del biocombustible a partir de óleo de cocina reciclado y del tipo empírico por la forma que radica en dominar a un elemento o un conjunto de sujetos predispuestos por tipos, incentivo, procedimiento, para hacer las secuelas o reacciones que se forman. **Resultado:** En la fase inicial de producción, se registró un pH ligeramente básico de 8.23. Tras la primera limpieza, este valor se redujo notablemente a 7.12 y, posteriormente, se estabilizó en un pH definitivo de 7.05. Las mediciones se realizaron con un peachímetro analógico previamente calibrado. El biocombustible y la glicerina finalizados fueron separados y almacenados adecuadamente. Una semana después, el glicerol se solidificó; para evitar alteraciones causadas por la exposición al ambiente se mantuvo en condiciones cálidas y reservado para su uso posterior. Los efectos (gran parte) existen, estos se puntualizan por categorías y de acuerdo a la transformación usada. **Conclusiones:** La producción del biocombustible a partir de óleos usados es un método ameno para elaboración del biodiésel, no por medio de la habilidad del procedimiento, sino que, por el gran cuidado que se le da, puesto que, en algunas naciones similares al nuestro, no hay obligación a cambiar los coches o mecanismos diésel, a lograr ser utilizados, su adaptación es inmediata. La reproducción de biocombustible a paralelismos superiores, demanda de la vieja proporción de la materia prima lo que rodea la investigación de ese aumento en diferentes divisiones para poder compensar una obligación mayor. Este biocombustible, se encuentra derivado cercano a un 70% del óleo, esto involucra una alta utilidad en cuanto a la elaboración.

Palma y Sosa (2020), en su tesis: Influencia de la transesterificación en la obtención del biodiésel elaborado a partir de aceite residual, Universidad Nacional de Trujillo - Perú 2020. Tuvieron como **Objetivo:** Analizar la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiésel elaborado a partir del aceite residual. La **Metodología** se asentó en la recolección de aceite residual durante tres semanas, procedente de cinco viviendas. Se propuso asignar un recipiente de capacidad uniforme a cada familia participante para almacenar el aceite. El material recolectado fue sometido a un pretratamiento semanal debido a su elevado contenido de suciedad y sólidos flotantes. Este proceso incluyó una filtración con papel filtro y un calentamiento previo del aceite a 50 °C, lo que permitió facilitar su destilación. El objetivo del pretratamiento era obtener un aceite claro y desecado, adecuado para su posterior procesamiento. **Resultado:** Para cometer las automatizaciones se consideró el peso molecular de la trioleína que es 885,51 g/mol, y para el alcohol una masa molecular de 46,07 g/mol, tal como una consistencia para el óleo de 0,912 g/ml, derivada de las particularidades fisicoquímicas del elemento primario y una cohesión del etanol de 0,789 g/ml. Asimismo se maneja para cada ensayo, la proporción de 100 ml de óleo. Se logró que a una excesiva temperatura no solo se desarrolla la contribución de la fuerza del principio de elaboración del biocombustible. **Conclusiones:** El superior desempeño en la elaboración del biocombustible, se consiguió en la muestra T21, con 93,44%, la cual se obtuvo a 50 °C en un periodo de respuesta de 90 min, destacando a mayor magnitud a las posteriores pruebas, donde la mínima ganancia se poseyó en el ensayo T31, con 80,99%, como se proporcionó por medio de una temperatura de 60 °C a un periodo de sacudida de 90 minutos, finalizando de este modo a 50°C en que se suscitó el alto desempeño de la respuesta.

Peña (2021), en su tesis: Obtención de Biodiésel a partir de aceites residuales mediante transesterificación, Universidad Cesar

Vallejo - Perú 2021. Tuvo como **Objetivo:** Obtener Biodiésel a partir de aceites residuales mediante transesterificación. La **Metodología** aprovechada en la actual indagación fue de tipo pura o esencial, entregado que se tiene el propósito de desenvolver suposiciones con afines al asunto de estudio en origen de algunos datos obtenidos, igualmente con un patrón referencial de tópico, ya que se tiene que lograr datos del estudio ejecutados por diferentes literatos con la finalidad de descifrarlas y examinarlas. **Resultado:** Manifestaron que el activar del propiciador, antiséptico y etapa de estimación para lograr el biocombustible iniciado del óleo remanente, fluctúa de entre treinta a trescientos cuarenta y ocho minutos, en tanto que las fases de favor al desenvolvimiento manipulado por el impulsador KOH con ciento diez mililitros de alcohol metílico con utilidad comprendida de 96.89 - 97.88%, con H₂SO₄ y 27.27 ml de alcohol metílico la productividad es concluida en 70% y NaOH con alcohol que altera en ciento veinte y ciento cincuenta mililitros fue entre 9.67 - 97%, mostrando los tipos de densidad: 900 Kg/m³, densidad: 2.45 cm²s⁻¹, saldando las categorías para la generación de biocombustible a raíz del desequilibrio de elementos primarios de óleos residuales en las fases analizadas son el catalizador, antiséptico y estación de resistencia. **Conclusiones:** El análisis de la generación de biocombustible a partir de aceites reciclados se centró en la influencia de tres factores principales: el catalizador utilizado, el agente metanol y el tiempo de reacción. Los mejores resultados se obtuvieron con el catalizador KOH y 110 ml de metanol (CH₃OH), logrando un rendimiento del 96.89% al 97.88%. Por su parte, el catalizador H₂SO₄ con 27.27 ml de metanol alcanzó un rendimiento del 70%, mientras que el NaOH combinado con alcohol, en cantidades entre 120 y 150 ml, mostró un rango de eficiencia del 9.67% al 97%. Los tiempos de reacción variaron entre 30 y 348 minutos. Para la producción de biocombustible, se utilizaron diversos tipos de aceites residuales, incluyendo restos de aceite vegetal de palma, *Ricinus communis*, *Senna occidentalis*,

Jatropha curcas, Persica, así como grasas de pollo, pescado, y aceites provenientes de Pongamia pinnata y Neem. También se procesaron aceites extraídos de semillas de mostaza rústica, frutas oleaginosas y residuos de frituras domésticas.

Sanaguano (2018), en su tesis: Conversión de los aceites residuales de la industria de alimentos en biodiésel, Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Perú 2018. Tuvo como **Objetivo:** Convertir los aceites residuales de la Industria de alimentos en biodiésel de manera sostenible. La **Metodología** empleada se basó en el desarrollo de la conversión de aceites de fritura en biodiésel, utilizando la técnica de transesterificación de triglicéridos en presencia de metanol en condiciones subcríticas. Este proceso se llevó a cabo a temperaturas cercanas al punto de ebullición del metanol (239,5 °C), aprovechando la destilación para optimizar la reacción. El procedimiento permitió transformar los materiales provenientes de los residuos de frituras en etapas cortas y eficientes. Inicialmente, se realizó la codificación del aceite doméstico, identificando y clasificando el aceite residual para su posterior procesamiento. En la siguiente etapa, se produjo el biocombustible utilizando metanol en condiciones subcríticas y un catalizador, implementando un sistema de recirculación externa para optimizar la reacción. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis detallado del biocombustible mediante técnicas de interpretación radiativa artificial, con el objetivo de evaluar sus propiedades. Finalmente, se realizó una prueba de ignición para comparar el rendimiento del biocombustible frente al diésel de petróleo, considerando aspectos como la combustión y la eficiencia energética. **Resultados:** Esta investigación comparte resultados equivalentes de lo que son los emanados de (Silveira Junior, y otros, 2016), los que laboraron teniendo la igual correlación de masa, acto seguido, Farobie & Matsumura (2015), desde la correspondencia de masa 1,40 g alcanzaron el beneficio alrededor de cien por ciento, en oposición a la destemplanza sobre la

resistencia a cuatrocientos grados centígrados; asimismo, los literatos determinaron que el rendimiento máximo, del 90%, se alcanzó a temperaturas entre 200 y 270 °C, utilizando aceite sin modificaciones en todos los experimentos. De acuerdo con estudios previos realizados por Shakinaz, Refaat y Shakinaz (2010), se reportó un rendimiento del 98% bajo condiciones similares, empleando una proporción de 7,5 gramos de catalizador con una concentración del 1,5%. Estos resultados destacan la alta eficiencia del proceso en condiciones controladas, así como la influencia de las variables experimentales en la optimización del rendimiento. **Conclusión:** Los óleos domésticos reutilizados donde es manejado en este estudio al ser procesado en donde mostraron porcentajes muy elevados siendo que instituye el Reglamento establecido para los óleos de origen vegetal que vendrían a ser: la INEN 38 (0,10% máximo) para acidez, en los óleos domésticos se muestra el 3,2%, el reglamento INEN 35 por consistencia enorme instituye (0,910 gr/ml), además, que el óleo ha sido desarrollado obteniendo un valor de 0,920 gr/ml, asimismo, en cuanto a relente del reglamento en INEN 39 indica el mayor porcentaje de (0,05%), en tanto en lo cual el óleo doméstico se logró en un 0,10 por ciento , en referencia a las secuelas donde es reflexión a que los óleos son nocivos para el uso de las personas. Los tipos de biocombustible de los que se encuentran desarrolladas por espectroscopía bajo el rojo donde es establecido el aspecto del externo férreo que son las contiguas divisas los que generan la disconformidad en referencia al combustible proveniente de carburante que corresponde a la distribución artificial en una gran escala de sencillez. De acuerdo al análisis realizado al biocombustible se manifestó los caracteres de las particularidades de los conjuntos de ésteres concurrentes, los cuales vendrían a ser: del (C-O) además de la cumbre acentuada dentro de su colección del carbonilo (C=O), caracteres que no presentan ningún inconveniente.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Lescano (2019), en su tesis: Transesterificación de los ácidos grasos de las grasas de Matadero Municipal de Tingo María para la obtención de biodiésel, Universidad Nacional Agraria de la Selva - Perú 2019. tuvo como **Objetivo:** Determinar el rendimiento del proceso de producción de biocombustible a partir de los residuos grasos generados en el Matadero Municipal de Tingo María, con el propósito de obtener biodiésel de calidad. La **Metodología** empleada fue la transesterificación de los ácidos aceitosos de los sebos del degolladero que posee el municipio de Tingo María, se emprendió con la sustracción del óleo en los sebos derivados de los restos, se estableció la toma de las mantecas por el intermedio del indicador de acidez, después se descendió al método de transesterificación , de diversos grados térmicos, se ejecutó ensayos de aptitud, cálculo de elemento y un contorno cromatográfico en espectrofotometría de multitudes. **Resultado:** Para la remoción del óleo que se manipuló en el trabajo se determinó para ir al degolladero de la municipal de Tingo María, con la ayuda de la gerencia se consiguió contar con la valoración de los animales que se depositan de forma diaria a la instalación con una media de 10 ganados y un promedio en la extirpación de manteca residual de 8 kg por animal. Se estableció la toma del fermento por medio de la operación del indicador de acidez del óleo extraído del sebo derivado del camal, se ejecutaron 3 reiteraciones, por medio del consumo en el recurso alcalino fue de 1.4 , 1.4, y 1.3 ml respectivamente, logrando los sucesivos resultados (1.116,1.0391 y 1.1178) mg NaOH en medida por óleo por parte de cociente de acidez de 1.0915 mg NaOH/ g de graso. **Conclusiones:** Se consiguió separar 747 ml de óleo del sebo animal en repetición 2 Kg de manteca con el peso de 0.660 Kg de graso y elemento restante (fritura) con un peso de 0.355 kg y una disminución del material de 0.985 kg del recurso hídrico y proteínas. El indicador de acidez del óleo conseguido de la

manteca de animales del degolladero del municipio es 1.0915 mg de NaOH/g de óleo. La proporción del desempeño de elaboración del biocombustible más elevado fue 83.67% oportuno al grado térmico de 55 °C y el más inferior fue de 78.17 a una temperatura de 50 °C, por otra parte, se estableció que estadísticamente que los grados térmicos de 50, 55 y 60 °C no posee gran discrepancia entre ellos. Al biocombustible obtenido se le hicieron 4 ensayos de aptitud hallando todas las medidas dentro de la política europea EN 14214, a distinción de la pegajosidad ya que, posee valores por inferior de lo determinado.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. TRANSESTERIFICACIÓN

Este proceso implica la respuesta de triglicéridos con un antiséptico para dar pase a un éster alquílico (un enlace alquílico, formado al separar un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo saturado con un éster o un compuesto harmónico con carburante) en utilización de un catalizador, en consecuencia, resulta NaOH o KOH.

En el procedimiento, se ofrece las mayores ventajas y beneficios, siendo también el más usado hoy en día porque emplea el CH₃OH, que es económico de obtener y, asimismo, el CH₃OH responde con rapidez con los triglicéridos y hace su disolución cómodamente.

La transesterificación es una respuesta en la que los VLDL responden con un antiséptico principal, dando como resultado ésteres metílicos y glicerol. Los tipos de alcohol más comunes son el etanol y el CH₃OH. Las actividades de los ésteres metílicos y etílicos son bastante similares, pero se encuentra que los ésteres metílicos tienen una potencia ligeramente mayor que los ésteres etílicos y una viscosidad más baja. Si además tenemos en cuenta que el metanol es más económico y reacciona rápidamente ya

bajas temperaturas, entonces podemos decir que es el más adecuado para su uso (García y Baldizón, 2018).

2.2.2. MÉTODO DE MIKE PELLY

Una de las metodologías más frecuentes de la obtención de biocombustible, es el método de Mike Pelly, su uso recurrente deriva de su sencillez par emplearlo, ya que los recursos requeridos son de obtención a un precio cómodo para el investigador y su disposición para conseguirlo no es complejo.

El proceder de la metodología en mención, radica en producir la reacción del óleo doméstico que haya sido utilizado, empleando el agregado de un antiséptico con asistencia de un catalizador, dicha respuesta se logra comprender como el proceso de transesterificación. Durante la ejecución de esta, el impulsor y el CH_3OH se juntan a fin de conformar el CH_3NaO . En el momento en que este último se le agrega al óleo, genera una descomposición en las conexiones de la partícula del óleo, remitiendo el glicerol y biomoléculas de constitución lipídica (ácido graso). Estas sustancias se componen con el CH_3OH creando biocombustible, y en algunas ocasiones también resulta en jabón. En caso se priorice el uso del CH_3OH (metanol), el resultado final obtenido es metiléster, por lo contrario, si se emplea el $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (etanol) recibe el nombre de etiléster.

Para realizar la generación de biocombustible empleando la metodología de Mike Pelly, es pertinente considerar los sucesivos pasos:

- Filtro de óleo para separar excedentes sólidos.
- Secar el óleo.
- Ejecute una titulación para establecer la cantidad requerida de catalizador.
- Preparación de metilato.

- Caliente el aceite y mezcle con metilo mientras revuelve.
- Reglamento de Separación de Glicerol.

2.2.3. TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITES

De acuerdo con Sanaguano (2018), el conjunto de técnicas más frecuente en la elaboración de biocombustible es la transesterificación por medio de óleos derivados de las plantas (triglicéridos) en disposición de un antiséptico y un impulsor. Como resultado primordial se consigue el biocombustible (etil ésteres de ácidos grasos, FAEE) FAME de los ésteres de antiséptico metílico y la glicerina como resultado, tomando como punto de partida la clasificación de los triglicéridos, y del catalizador que se utilizará, este último podría ser ácido o base, procediendo con la metodología aplicada, para conseguir el biocombustible.

2.2.4. PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE POR TRANSESTERIFICACIÓN POR EL MÉTODO SUBCRÍTICO

Glisic y Orlović (2014) marcan que la obtención del biocombustible en calentura y coacción contiguo y/o por arriba de los productos examinadores del metanol (alcoholismo subcrítico y supercrítico) habiendo estado orientado últimamente, porque tiene la oportunidad de solucionar problemas relacionados a la eficacia de los materiales de acceso y la solidez del asunto. Igualmente, la apariencia de un estado de supuesta uniformidad es importante para conseguir un gran porcentaje de velocidad de resistencia entre antisépticos y triglicéridos (sin el uso de un catalizador) que se logra aprovechar en contextos extremos o superfinos.

2.2.5. CATALIZADORES

El proceso de transesterificación puede ser catalizado por álcalis, ácidos o enzimas. Los catalizadores enzimáticos se usan con más frecuencia porque son menos efectivos. La alteración también puede ocurrir sin el uso de un catalizador en condiciones

de antiséptico supercrítico o CH_3OH . En realidad, las técnicas actuales de producción de biocombustible utilizan primordialmente bases o ácidos fuertes homogéneos como catalizadores, lo que puede hacer que la producción de biocombustible sea respectivamente ligera al mismo tiempo que permite altas tasas de conversión.

Los álcalis tales como NaOH , KOH , NaOCH_3 son catalizadores homogéneos usados comúnmente en la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales, debido a que su actividad catalizadora es significativamente más alta que la de catalizadores ácidos. Sin embargo, los catalizadores ácidos son menos sensibles a la calidad de la materia prima y son adecuados para los procesos de producción de biodiesel cuando la materia prima contiene una concentración elevada de ácidos grasos libres (FFA) y agua.

El hidróxido de sodio, el hidróxido de potasio y el metóxido de sodio son catalizadores parecidos, utilizados frecuentemente en la elaboración de biocombustible, siendo producto de óleos provenientes de plantas, de ahí que su acción de catalizar es elocuentemente de mayor porcentaje que los catalizadores que son de ácidos. En cambio, el catalizador de ácido son pocos sensitivos a la disposición del compuesto primario y son proporcionados para los procedimientos de fabricación de biocombustible en el momento en el que el compuesto primario engloba la conglomeración excelsa de ácidos untuosos independientes y recurso hídrico.

Por lo tanto, en el proyecto de referencia, el catalizador empleado de preferencia para apresurar el proceso de conversión tiene la responsabilidad de ejecutar con indiscutibles razonamientos y uno de los más importantes es el precio. Reducir el precio de las materias primas utilizadas cooperará a incrementar los bordes de ingreso y hará que la planta sea beneficioso.

Es apropiado el uso de un apropiado catalizador, ya que reducirá las reacciones secundarias no deseadas y una gran suma debe reciclarse de modo eficientemente lo que disminuirá aún más los gastos.

La mejor opción de bosquejo en una investigación, se tuvo que tomar en consideración catalizar mediante la transesterificación que incorporan ácido, bases, calizas y enzimas. Los sustentos son más frecuentes utilizadas por su cómoda inversión en comparación a la arcilla o enzima; asimismo, contribuye a acelerar las ligerezas de alteración, siendo de mayor porcentaje que el ácido (De la Cruz, 2020).

2.2.6. CATÁLISIS ALCALINA

La utilización de catalizadores alcalinos para transformar óleos domésticos gastados es el método más utilizado en la producción. Siendo el procedimiento más recurrente ya que, demanda solo temperatura templada y baja presión y también tiene una considerable vigencia de conversión. El procedimiento solicita disminución de lapso y posee una transformación inmediata a biocombustible sin intentos pausas. Los catalizadores más frecuentes son el KOH y el NaOH.

Para la esterificación catalítica alcalina, el material de partida debe estar libre de humedad porque el agua conduce a una reacción suplente distinguida como saponificación, que produce mezclados imprescindibles (jabonosos). El instrumento de reacción del proceso de esterificación catalítica alcalina se desarrolla en tres pasos.

El primero comienza con un ataque nucleofílico al átomo de carbono del carbonilo de una molécula de triglicérido por un anión de antiséptico (ion metóxido) para formar un intermedio tetraédrico, que se disocia en una molécula de éster metílico y un ion diglicérido.

Luego el resultado final padece una reducción química lo que lo lleva a transformarse en una partícula de DAG, restableciendo de esta manera el catalizador. De entre los que son más eficientes son NaOH, CH₃NaO, KOH y el CH₃KO.

De la misma forma, esta metodología reconocida también como alcoholisis, posee una correspondencia molar de CH₃OH, óleo de proveniencia vegetal de doce a uno con un rango de 0,5% a 2.5% en obligación de agregado base (NaOH, KOH, K₂CO₃). A sesenta y cinco grados centígrados, se obtiene una transformación de 93 a 98.5% del triglicérido en una hora. En comparecencia con las respuestas de sintetizar el éster catalizadas por enzimas y ácidos, el gran porcentaje de consideración de este procedimiento en un lapso de respuesta respectivamente breve. La transesterificación de los triglicéridos genera ésteres alquílicos de ácidos grasos y glicerol. La capa de glicerol se sitúa en la base del receptáculo de reacción.

Los diglicéridos y monoglicéridos son los intermedios en este proceso.

Tabla 1

Niveles de entrada y salida para producción de biodiésel

Niveles de entrada de proceso		Niveles de salida de proceso	
Entrada	% Volumen	Salida	% Volumen
Aceite	87%	Biodiésel	86%
Alcohol	12%	Glicerina	9%
Catalizador	1%	Alcohol	4%
		Residuos	1%

Nota. Esta tabla muestra los niveles de insumos para el proceso de obtención de biodiésel. Datos adquiridos de la investigación de tesis del autor De la Cruz Liza Pablo.

2.2.7. BIODIÉSEL

Diversos científicos definen el biocombustible de distintas maneras, dependiendo del material base utilizado, como el alcohol o el catalizador, y de las propiedades específicas del compuesto procesado. Según expertos en el campo, la producción de biocombustibles se basa en una reacción química que ocurre entre los hidrocarburos y los ácidos grasos, compuestos presentes en organismos vivos, para generar una fuente de energía renovable. Además, el biodiésel se destaca como una opción prometedora en el desarrollo de energías sostenibles y eficientes (Knothe y Dunn, 1996).

Kessel (2009) define el biocombustible como un FAME (éster metílico de ácidos grasos), es decir, un éster monoalquílico de cadena larga derivado de ácidos grasos obtenidos de fuentes renovables, como aceites vegetales o grasas animales, diseñado para su uso en motores diésel.

En la obra de artículo para la fabricación de biocombustibles por medio de los sebos de ganados, con elevación comprendida de ácidos sebosos independientes, Encinar et al. (2011), alude que el biocombustible como un combinado originario del carburante adjunto a una colección del alquilo procedente del metano que se forja a partir de materias primas de origen animal y/o provenientes a las plantas, de posesiones parecidas al carburante prehistórico pacto el cual se manifiesta como variación para formar energía por medio la ignición de los carburantes.

Existen diversas perspectivas sobre el concepto fundamental del biocombustible, enfocadas en su origen, beneficios y eficiencia energética. En este contexto, el compromiso con el uso de biocombustibles radica en su potencial para generar energía limpia y sus múltiples aplicaciones.

Atabani et al. (2012) destacan que la producción de biocombustibles, a partir de residuos de procesos industriales periódicos, es una práctica adoptada por países con gran desarrollo industrial, debido a su viabilidad económica y menor impacto ambiental. Además, los biocombustibles se consideran una opción más eficiente y sostenible para motores de combustión interna.

2.2.8. PRODUCTO EN BRUTO PARA LA ELABORACIÓN DEL BIOCOMBUSTIBLE

La constante investigación en el desarrollo de fuentes de energía sostenible impulsa el diseño conceptual de instalaciones para la producción de biocombustibles. Según Jérôme (2007), este proceso requiere el uso de diversos compuestos primarios, esenciales para llevar a cabo la transformación. Entre estos, destacan las siguientes materias grasas:

- Óleos obtenidos de vegetales oleaginosas: coco, mirasol, soja y colza. El origen del óleo derivado por las plantas proviene por lo general del óleo de colza, teniendo en cuenta que es una diversidad comprendida de óleo, lo cual acomoda conforme a las temperaturas frías.
- Óleos de productos oleaginosos: palma.
- Óleos de pepitas oleaginosas opciones: Brassica carinata, Camelina sativa, Pogianus.
- Óleos de semillas oleaginosas reformadas genéticamente: Óleo de mirasol de elevado oleico.
- Sebos de animales, manteca de distintos atributos.

Lescano (2019) señala que la extracción de aceites a partir de compuestos de origen animal puede realizarse mediante diversos métodos. Entre ellos, destaca la calefacción directa, que facilita la obtención de proporciones manejables y controladas. Además, este proceso puede optimizarse utilizando disolventes, lo que

permite dirigir y mejorar la eficiencia de la extracción.

2.2.9. BENEFICIOS DEL BIODIÉSEL

Atabani et al. (2012), Desarrolla correlaciones entre los diversos componentes que influyen en favor al biocombustible, incluidos las utilidades operativos, ambientales y energéticos, estos factores nos permitirán evidenciar los beneficios de este biocombustible, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Importantes utilidades del biodiésel

Técnicos operativos	Ambiente	Energéticos
- La exportación, el almacenamiento y la administración son de mayor posibilidad al frecuentar por beneficio que no es nocivo y sin conflicto de estallido. - Muestra en mayor porcentaje solubilidad, pudiendo ser diluido en alguna relación del gasoil convenido. - Los motores escasamente requieren de modificaciones para su uso.	- Postura de práctica del ambiente industrial, atrancado el ciclo de un residuo altamente contaminante mediante su valorización para obtener un recurso energético. - Presenta un mínimo contenido de Azufre. - Es un producto que se descompone biológicamente. -Reduce las emisiones contaminantes de los combustibles cotidianos, por medio de la mínima concentración de SO₂ y CO₂ de las emisiones de gases.	- Expuesto a prácticas de la ecología técnico, clausurado el período de un retobo extremadamente infeccioso al restaurarlo para obtener una fuente de energía. - Hace mención de un minúsculo volumen de Azufre. - Es una utilidad que se descompone biológicamente. -Reduce las emisiones contaminantes de los combustibles.

Nota. La tabla evidencia las diversas utilidades que se le dan al biocombustible. Esta información proviene del artículo científico del autor Atabani y compañía.

Rincón y Silva (2014) mencionan que el biocombustible posee un dígito de cetano elevado del combustible; La proporción del cetano es un indicativo de eficiencia energética.

El encendido cómodo se produce cuando, tras un encendido similar, provoca una combustión rápida. Cuanto mayor sea el índice de cetano, menor será el tiempo de encendido y mejor será el orden de combustión. En definitiva, la cantidad de cetano es el encargado de señalar la eficiencia de la resistencia eléctrica aplicada en las máquinas de ignición interna, en los biocombustibles es una de las características más destacadas en las que la regulación de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) desempeña un papel importante en la identificación y mejora de esta característica.

Sanaguano (2018) mostró que otra propiedad distintiva del biocombustible es la pegajosidad cinemática, que perturba en gran medida la inyección de inflamable en el motor, solo a bajas temperaturas, el aumento de la pegajosidad afecta la fluidez del combustible e interfiere con la inyección de combustible en los inyectores, afectando el combustible. Dispersión en la cámara de combustión del motor.

2.2.10. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIODIÉSEL

Sanaguano, (2018) refiere que algún porcentaje de prerrogativas del biocombustible como inflamable son: su movilidad, medio, innovación, gran porcentaje de vigencia de inflamación, poco contenido de azufre y aromáticos, mayor número de cetano y mayor grado de biodegradación, lo que permite mejorar el rendimiento del vehículo y reducir los requerimientos de óleo.

Por otro lado, Rincón y Silva (2014) Las principales desventajas son: gran densidad, poco comprendido energético, mayor punto de arrastre que puede provocar la formación de mucílagos en climas fríos, mayor emisión de óxido nitroso, mayor coque en el sistema, sistema de inyección del motor, igualmente

mayor desgaste, entre otros. Algunas de las ventajas de seguridad del biodiésel están asociadas con un punto de inflamación superior a ciento cincuenta grados centígrados en comparación con los setenta grados centígrados del combustible.

2.2.11. DESEMPEÑO AMBIENTAL DEL BIODIÉSEL

Rincón y Silva (2014) indican que la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) evaluó el impacto de las emisiones generadas de biodiésel a partir de aceite de soya y mezclas tipo B20 (20% biodiésel y 80% diésel de petróleo). De acuerdo a la evaluación se observa una reducción del 10,1% del total de material particulado generado por la combustión diésel fósil, se evidencia una reducción de 21,1% de hidrocarburos no quemados y 11% menos de emisiones de CO generadas con el combustible diésel fósil. No obstante, la mezcla de biodiésel B20 presenta un aumento del 2% de las emisiones de NOx con respecto a la línea de base fósil. Cuando se usa biodiésel puro B100 en el sector del transporte, en donde se podría alcanzar una reducción de 80% de emisiones de CO₂ equivalentes generadas por su equivalente fósil.

Según Caselles et al. (2015) los beneficios medioambientales que se logran con la utilización de biodiésel son:

- No daña el ambiente.
- Se produce a partir de materias primas renovables.
- No contiene benceno ni otras sustancias aromáticas cancerígenas.
- No contiene azufre.
- Es fácilmente biodegradable y en caso de derrame no contamina los suelos ni los acuíferos.
- Reduce las emisiones de sólidos y gases.

- No es una materia peligrosa, tiene un punto de inflamación por encima de 110 °C.
- No necesita un almacenamiento especial.

2.2.12. BIODIÉSEL COMO COMBUSTIBLE

Sanaguano (2018) señala que el biocombustible es la opción de combustible más factible en contraste con los procedentes del carburante, caso del combustible diésel. Algunos guías internacionales del biocombustible son: ASTM D6751 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, ASTM) y la Norma Europea EN 14214.

2.2.13. PRODUCCIÓN CATALÍTICA DE BIODIÉSEL

Según Rincón y Silva (2014) los óleos de origen de las plantas consiguen ser hidrolizados por el caldeo de los propios con un alcohol y propiciador. El optimizador empleado para la fabricación del biocombustible se identifica en fases de 02 categorías ordinarias: homogéneos y heterogéneos, esto se refiere que uno es similar y el otro muy diferente de acuerdo a los catalizadores utilizados.

Sanaguano (2018) menciona que, si el optimizador persiste en el mismo período, a la de las sustancias en el transcurso de la hidrólisis, la resistencia se establece como propicia y homogénea, a la vez que el propiciador persiste en diversos niveles de estado líquido (sólido o gaseoso, líquidos inmiscibles) a la de las sustancias, la transformación se recapacita como una hidrólisis catalítica heterogénea, por intermedio del análisis observatorio aprovechado.

El proceso de transesterificación de óleos vegetales según Rincón y Silva (2014), puede realizarse por medio de desiguales antisépticos (metanol, etanol y butanol), tal cual la apariencia de los optimizadoras, cualesquiera semejantes, de los cuales son:

hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y ácido sulfúrico y algunos otros de representación diversa como: lipasas, CaO y MgO especialmente.

2.2.14. ALCOHOL

Para Jeong et al. (2009) Una de las sustancias fundamentales para la elaboración de biocombustible es el alcohol, simbolizando un 10 a 15% de volumen del componente extenuado. De entre los más relevantes son el etanol y metanol, pero cuando se hace la utilización de etanol, se presenta más impedimento en el proceso de síntesis de biodiésel, siendo provocado por una reacción en consecuencia a la disgregación causada por sí mismo. Medina et al. (2012) afirman que el alcohol metílico es una de las sustancias más utilizadas debido a su alta resistencia y bajo costo. Asimismo, los ésteres metílicos derivados del metanol ofrecen un desempeño óptimo, cumpliendo con los requerimientos de los motores y mostrando un equilibrio favorable en comparación con otros ésteres derivados de alcoholes principales.

2.2.15. ANTISÉPTICO METÍLICO

Según Lescano y Fernando (2019), el metanol, además de ser afamado como antiséptico metílico o alcohol de tronco, es el aumento elemental del grupo alcohol. Modelos característicos del carburador y nocivas asimismo se logra emplear como anticongelante de coches, solvente y carburador.

Alva y Cipra (2015) explican que el metanol, es un componente primo utilizado por este medio, es un hidrocarburo oxigenado su expresión experimental a CH_3OH , se frecuenta de un antiséptico incoloro y polar, solubilidad en el agua, entre los antisépticos, en ésteres y en la mayor parte de diluentes orgánicos, pero solo levemente resoluble en manteca y óleos. Es nocivo, inflamable y en gran medida volátil, logrando su vapor obtener compuestos explosivos en la intemperie.

2.2.16. USO DIRECTO Y MEZCLAS DE ACEITES VEGETALES

Según con Rincón y Silva (2014), la utilización de óleos domésticos como combustibles alternativos se remonta a principios del siglo XX, cuando Rudolph Diésel, inventor del motor diésel, utilizó aceite de maní como combustible experimental en un motor licuadora. Las operaciones que utilizan los óleos de origen vegetal directamente, además de en mezclas con sus respectivos antediluvianos no han tenido el éxito suficiente, ya que el primordial problema reside en un gran porcentaje de densidad de los óleos vegetales (fluctúa entre 35 cP y 40 cP medida de cuarenta grados centígrados), por ello es lo que entorpece la atomización del carburador en consecuencia la transfusión de inflamables se muestra intrincada. Distintos elementos vigentes que pueden limitar la utilización inmediata ya sea diésel son los sucesivos: Elevada proporción de ácidos aceitosos disponibles, viable colocación de adhesivos en frecuencia al herrumbroso y a la polimerización a lo largo de la acumulación y el viable establecimiento de carbón, etc.

2.2.17. MICROEMULSIÓN DE ACEITES VEGETALES

Según Rincón y Silva (2014), la alineación de microemulsiones forma una solución viable para solucionar el problema de alta pegajosidad del óleo derivadas de las plantas; el micro líquido es un esparcimiento disuelto en proporción de microestructuras de un fluido, las cuales son ópticamente isotrópicas, con amplificaciones que alteran la categoría de 1-150 nm y realizadas naturalmente a raíz de la composición de dos corrientes de algún tipo de líquidos que no pueden mezclarse en alguna proporción; los inflamables fundamentados en micro emulsiones, tienen la designación como diésel de agua; las micro emulsiones están formadas por tres facetas y/o mecanismos enteramente detallados: el periodo de óleo, el periodo húmedo y una flexible eficaz; en las micro emulsiones de óleos de origen

vegetal se aproximaron el bloqueo en las aberturas del procedimiento de introducción, por la cohesión desigual de precipitaciones.

Asimismo, se ha podido comprobar la gran mayor cantidad de almacenes de carbono, equivalente a una variación de una inflamación desigual de los sedimentos.

2.2.18. PIRÓLISIS DE ACEITES VEGETALES

Sanaguano (2018) refiere que este método es la transformación de alguna materia orgánica en una variación distinta por medio del fuego y en carencia de oxígeno.

Para Rincón y Silva (2014), el material está subyugado a ignición que consigue ser óleo obtenido de planta, cebo de procedencia animal, monoinsaturados naturales o compuestos derivados del hidrocarburo ferrosos de ácidos orgánicos monoenoicos. La transformación de resbaladizo proveniente de las plantas y sebos animales, muestra un conjunto de técnicas promisorias para la generación del biocombustible, en el cual el atributo tangible alcanzado en el lapso del procedimiento cálido es artificialmente análogo a los inflamables procedentes del carburante, importantemente carburante y combustible frecuente.

2.2.19. ACEITE DE FRITURA

De acuerdo con Sanaguano (2018), la fritada es una ejecución físico-químico complejo que sea capaz de perturbar claramente la formación artificial, del lubricante insólito. Las relaciones en las que se desenvuelve la transformación logran generar respuestas de variado modelo como: hidrólisis, oxidación (formación inicial de hidroperóxidos y posterior de aldehídos, cetonas, hidrocarburos, alcoholes entre otros) y polimerización (formación de dímeros a consecuencia de libres derivados de las relaciones de dobles conexiones de los ácidos grasos).

Para Benjumea et al. (2009), gran parte de los mezclados desarrollados por las resistencias referidas son de origen hiperbóreo y se logra desagregar del óleo utilizado, por medio de la adhesión con compactos permeables naturales o artificiales.

García (2021), alude que la mayor calidez que se emplea (180 °C aproximadamente) revelan una apresurada inserción de fuego, elevado a una veloz transformación de provisiones. En cambio, emergido a una gran calentura, los óleos y cebos popularmente hablando, padecen complicaciones en la sucesión de adulación. El óleo doméstico experimenta avería al incrementar su lapso de empleabilidad, acontece un mayor porcentaje de repulsiones complicadas donde trascienden en la reducción de la condición nutricional del insumo y en el crecimiento de la alineación de agregados infectos en el óleo, tales como polímeros, monómeros de ácidos grasos y compuestos polares que mutan al insumo y en caso terminen siendo consumidos por alguna persona, hace la conservación de otros agregados en desarrollo de los insumos.

2.2.20. ÓLEO DE MANTECA ANIMAL

Moser (2009) señala que los aceites de origen animal o vegetal se obtienen tras un proceso de transformación y separación de las materias primas. Es importante destacar que los aceites de origen animal suelen contener una mayor proporción de grasas saturadas en comparación con los aceites vegetales. Esta característica puede afectar negativamente el rendimiento de los motores de combustión interna, especialmente en condiciones de bajas temperaturas, como también lo menciona Vivas (2010), donde los aceites animales presentan ciertas limitaciones en comparación con los de origen vegetal.

Lescano y Fernando (2019), alude que el periodo se realiza automáticamente brindando un óptimo tiempo, puesto que el intercambio de la transesterificación es más calificado, por medio

del ritmo de los ácidos que estos proyectan, responden en su totalidad a la transmutación comprendiendo el daño de igual carácter su aprovechamiento en las máquinas por elevadas temperaturas térmicas.

Desde otra perspectiva, Vivas (2010) insinúa ,por el aprovechamiento del método para la producción de biodiésel ,de los ácidos sebosos ,de procedencia de vacunos es sobresaliente a 90%; puesto que Fangrui et al. (1999) logro beneficios ascendientes o parejos al 92%.

Mittelbach y Remschmidt (2004), indica que el unto del sebo animal manifiestan un gran dominio del calor y una elevada cifra del cetano; normalmente son apreciadas como elementos residuales, por esta comprensión regularmente son más económicas que los otros compuestos primarios de inicial generación, de como las forma atrayentes en la elaboración del biocombustible.

Tejada et al. (2003) sugiere la investigación para la obtención de biocombustible a partir de nuevas características de sebos desechados de origen animal, logrando éxito con un índice de acidez del sebo de 1.13 mg NaOH/g, lo que indica una alta calidad de ácidos grasos libres. Estos sebos requieren una transesterificación en dos etapas: primero, un pretratamiento ácido con H₂SO₄, seguido de una catalización básica con NaOH o KOH. Sin embargo, desde el inicio del proceso, el biocombustible puede enfrentar problemas de oxidación, por lo que es necesario el uso de antioxidantes.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Energías Limpias

Es la obtención de energías verdes, estas ayudan a preservar el medio biótico, posterior a las acciones nocivas y la extinción de los combustibles de restos fosilizados, estas forman parte de una elección factible para aplacar la solicitud energética internacional. Estos provienen de los orígenes naturales como el aire, el sol, las biomásas y el agua. (Sanaguano, 2018)

Energía de la Biomasa

Esta energía proviene en último recurso del Sol. Relativamente, a la fotosíntesis del dominio vegetal, ya que empapa y acumula una porción de la energía fotovoltaica que alcanza a la tierra; las cavidades vegetales manejan la luminiscencia solar para constituir materias vivientes por medio de las sustancias elementales, como del CO₂ existente en el viento. El dominio animal integra, transmuta y cambia la mencionada energía (Choi, 2006).

Biocombustible

Es determinado como el metil compuesto de hidrocarburo, conseguido por medio de los aceites derivados de las plantas o mantecas de animales, de particularidades similares al combustible, que se brindan a suplantar en su totalidad, de manera parcial a modo de combustible de maquinaria de ignición intrínseca. (Encinar et al., 2011).

Ordinariamente, se suele designar biocombustible a algún carburante dirigido para máquinas de combustible que provenga de origen vegetal u animal, de modo que son los aceites elaborados para cocina, sin ningún procesamiento. (Andersen y Weinbach, 2010).

Manejo de biocombustibles

El manejo adecuado de los biocombustibles origina una mínima alteración negativa al ambiental y es estimada como opción viable a la extenuación de energías prehistóricas. De aquellos importantes factores que se encuentran empleando el conjunto de técnicas para los biocombustibles, a causa de que las naciones anhelan la libertad de las potencias petrolíferas, indagando nuevas y transparentes orígenes energéticos, generalmente con la necesidad de resguardar el ambiente. (García y Baldizón, 2007)

Ventajas de los biocombustibles

Dentro de las ventajas de los biocombustibles podemos encontrar:

- Suministran una fuente de energía reutilizada y fuera de contaminación.
- Las emanaciones de gas del calentamiento global se disminuyen hasta el 12% de la elaboración y la ignición del etanol y el 41% por el biocombustible.
- Aumenta su potencial al no depender de fuentes de energía derivadas de combustibles fósiles. (García y Baldizón, 2018).

Intereses del biocombustible

En el aspecto económico, los elevados importes del petróleo colocan en inconvenientes aquellos países que no pueden proveerse del recurso mencionado. Desde la perspectiva social, la adquisición de los terrenos, agricultura e instalaciones de biocombustibles han forjado numerosas ocupaciones en los países fabricantes. Ambientalmente, se deduce que los biocombustibles tienen mínimas alteraciones negativas al poseer un menor efecto en el cambio climático. (Choi,2006)

Métodos de obtención de biodiésel

Según García y Baldizón (2018) se hallan diferentes métodos para elaborar el biocombustible, entre los cuales poseemos:

- Método ácido-base (por Aleksander Kac).
- Método base-base (por Aleksander Kac).
- Método de Mike Pelly (transesterificación).
- Procesadores de ultrasonido para producción de biodiésel.

Método de Mike Pelly

Este método reside en alterar el óleo doméstico quemado, empleando el alcohol en disposición de un impulsor, a esta intervención se entiende como transesterificación. En este procedimiento el catalizador y el metanol se enlazan para constituir el metóxido de sodio ($\text{Na}^+ \text{CH}_3\text{O}^-$). Aunque el metóxido se combina con el aceite, destroza las uniones de la molécula del óleo, absolviendo glicerina y ácidos grasos. (García y Baldizón, 2018)

Obtención del biocombustible por medio del manejo del método de Mike Pelly

Según García y Baldizón (2018) se necesita efectuar los siguientes procedimientos:

- Destilar el óleo para apartar los residuos sólidos.
- Desecar el aceite (opcional).
- Realizar la evaluación para establecer la cantidad del catalizador imprescindible.
- Disponer el metóxido.
- Avivar el óleo, y combinar con el metóxido a la vez que se sacude.
- Decantación a fin de apartar la glicerina.

Técnica para la elaboración de biocombustible

La fabricación del biocombustible se ejecuta mediante: pirólisis, dilución, microemulsión, y transesterificación, esta es la ruta más aplicada para realizar, siendo la más accesible, brindando beneficios como: eminente transformación (98%) con escasas respuestas suplentes y mínimo periodo de interacción, mediante la directa transformación éster sin procedimientos interrumpidos (Lin et al., 2011).

Transesterificación

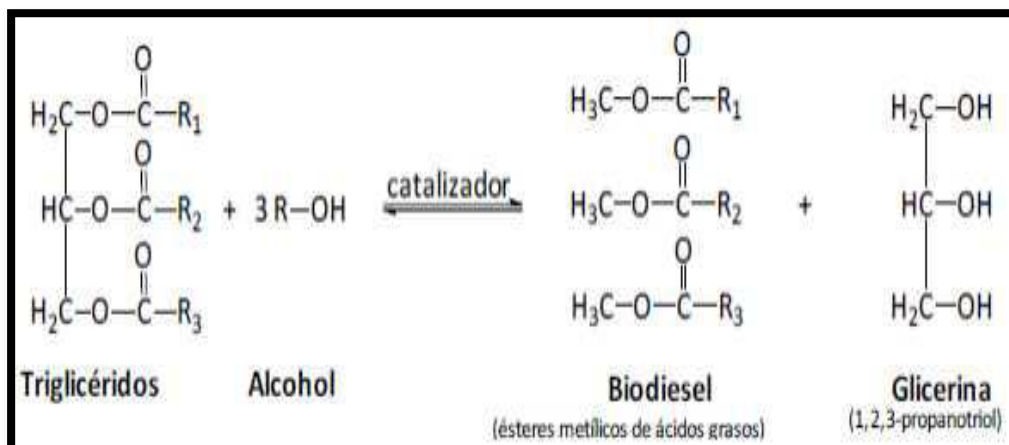
La transesterificación de sebos y óleos, comprende la respuesta de estas con antiséptico metílico en el clima, una partícula de triglicéridos, mecanismo mayoritario en un sebo, interacción con un antiséptico inicial, ante la actividad de un propiciador, para causar un compuesto de ésteres de ácidos sebosos y glicerina, esta pertenece a tres fases contiguas en las que el triglicérido es transformado en glicerina, diglicéridos y monoglicéridos (Arévalo et al., 2018).

Obtención de Biodiésel y Glicerina

Este desarrollo se basa de acuerdo a la respuesta de un triéster de glicerilo (triglicérido) con un antiséptico para constituir un alquil ésteres (mezcla de alquilo, que se encuentra estructurado por la ausencia de una partícula de H de un hidrocarburo saturado con un éster o mezcla orgánica procedente del petróleo) en disposición de un propiciador, ya sea NaOH o KOH (García y Baldizón, 2018).

Figura 1

Obtención de Biodiésel y Glicerina



Nota. Adaptado de Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad, por José Rincón y Electo Silva, 2014, CYTED editorial.

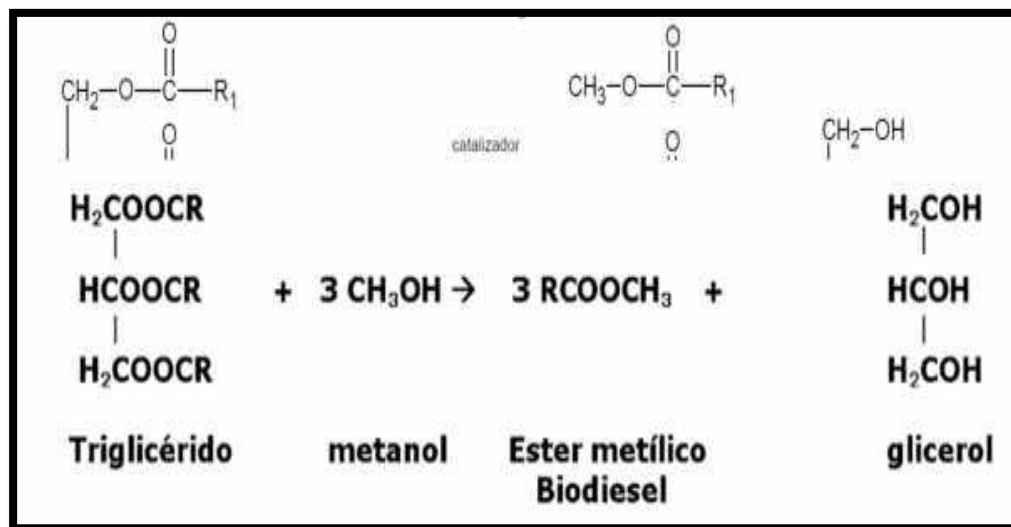
Obtención del glicerol

Según García y Baldizón (2018) hace mención que dicho procedimiento, consiste en una sucesión de 03 respuestas en serie continua:

- La primera instancia es la obtención de diglicéridos sobre la base de triglicéridos.
- Seguidamente, de los diglicéridos se tiene la obtención de monoglicérido.
- Posteriormente, del segundo resultado se consigue la glicerina.

Figura 2

Obtención de Glicerol



Nota. Adaptado de Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad, por José Rincón y Electro Silva, 2014, CYTED editorial.

Ventajas del biodiésel

No requiere mayores modificaciones para su uso en motores Diésel comunes. Permite al productor agropecuario autoabastecerse de combustible y a países agrícolas independizarse de los países productores de petróleo. Tiene un gran poder de lubricación y minimiza el desgaste del motor. Se ha mostrado por muchos estudios como una alternativa de combustible que reduce las emisiones de: CO, HC, SO₂, HAP, y PM, en comparación con el combustible diésel. Su rendimiento en motores es similar al diésel común (Tejada et al., 2013).

Desventajas del biodiésel

Presenta elevados costos de materia prima, aunque en el caso de Colombia por ser un país agrícola y pecuario no habría problema. Su combustión puede acarrear un aumento NO_x. Presenta problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0 °C). Presenta escasa estabilidad oxidativa, y su almacenamiento no es aconsejable por períodos superiores a seis meses (Lenoir, 2002).

2.4. HIPÓTESIS

H1: La eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico es diferente a la eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual pecuario para la obtención del Biodiésel.

H0: La eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico no es diferente a la eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Transesterificación (Método de Mike Pelly)

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Obtención de biodiésel

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Comparación de la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel, Huánuco 2023-2024.

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable de Calibración	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Transesterificación (Método de Mike Pelly)	Tipo de aceite	Aceite residual doméstico Aceite residual pecuario	Nominal dicotómica
Variable de Evaluativa	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Obtención de Biodiésel	- Densidad a 15° C - Punto de Inflamación - Viscosidad a 40° C	Kg/m3 °C cSt	Numérica continua

Nota. La tabla señala información obtenida del artículo científico Calidad del combustible biodiésel y la norma ASTM, 2010.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Conforme a Supo y Zacarías (2020), los diversos tipos de investigaciones con respecto a los proyectos son clasificados en dos categorías: excluyentes o exhaustivas, dicho esto la presente investigación posee la categoría exhaustiva, ya que, el estudio de los grupos de indicadores está basado por criterios de clasificación, los cuales serán encasillados.

Asimismo, se llevará a cabo mediante el control y medición de la variable de evaluación, la cual, al ser de tipo intervención, se convierte en una variable analítica.

La presente tesis se realizará a través de la participación. Ya que se ejecutará una medición, según el número de mediciones de la variable del estudio siendo longitudinal.

- De acuerdo con la intervención del investigador

El proyecto ya mencionado conforma los estudios con intervención o normalmente llamados experimentales, dado que es requerido que el investigador utilice datos que provienen de mediciones, Es por ello que, el trabajo será presentado como estudios con intervención los cuales cambiarán los resultados posteriores al monitoreo del biodiésel.

- De acuerdo al control de las medidas de las variables del estudio de control.

Conforme a Supo y Zacarías (2020), relata que los estudios prospectivos serán realizados con datos procedentes de las mediciones que serán controladas y usadas con un manual de procesos complementarios que minimiza el sesgo investigador y el instrumento.

Se usará el manual o protocolo para el control de la calidad de los parámetros requeridos del biodiésel por medio de los aceites residuales una vez usadas en ello los indicadores para la obtención.

- De acuerdo al número de mediciones de la variable del estudio.

Conforme a Supo y Zacarías (2020), los estudios de nivel longitudinal son aquellos donde la variable se mide más de una ocasión, el objetivo será realizar comparaciones en las muestras, por ende, el proyecto presentado es catalogado en este nivel dado que se obtendrán diversos datos en determinados periodos.

- De acuerdo al número de variables analíticas.

Conforme a Supo y Zacarías (2020), la denominación de variables analíticas, son las cuales serán sujetas al análisis estadístico, los cuales aparecen en el título del estudio de manera explícita: Comparación de la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel, por lo cual este proyecto entra en esta categoría ya que, cuenta con dos variables.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque del proyecto de investigación presentado es de carácter cuantitativo dado que se usará la estadística para la valoración de la información obtenida de las muestras. (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance o tipo de nivel que se usará es aplicativo ya que se medirá la comparación de la eficiencia de dos aceites residuales: aceite residual doméstico y aceite residual pecuario a fin de obtener biodiésel por medio de la transesterificación (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.3. DISEÑO

El diseño del presente proyecto de investigación es de estudios intervención, experimental, analítico, prospectivo y longitudinal (Supo y Zacarías, 2020).

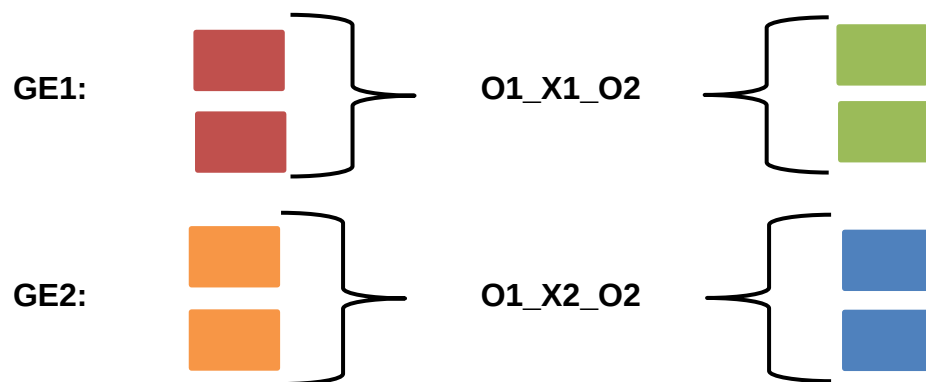
El proyecto de investigación sigue el diseño de un experimento verdadero, debido a que se cumplen las condiciones las cuales son la intervención y el control, que se va a realizar tanto a nivel metodológico (Supo y Zacarías, 2020).

Se realizará un Post test: Se tiene 2 grupos experimentales, de los cuales se van a tomar 2 unidades de análisis por grupo, teniendo un total de 4 unidades de análisis.

En total se llevará 4 unidades de análisis al laboratorio.

Experimento verdadero GE1: O1_X1_O2

GE2: O1_X2_O2



Donde:

GE1: Grupo experimental del aceite residual doméstico

GE2: Grupo experimental del aceite residual pecuario

O1: Observación Inicial

O2: Observación Final

X1: Intervención del aceite residual doméstico

X2: Intervención del aceite residual pecuario

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población está conformada por los biodiésels obtenidos a partir de dos tipos de aceites residuales: domésticos y pecuarios. El punto de acopio para la recolección de estos aceites se ubica en el domicilio Jr. Las Brisas Manzana B Lote 04, en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco. El periodo considerado para el desarrollo del estudio abarca de septiembre a diciembre, y las coordenadas geográficas se presentan en la tabla 3.

Tabla 4

Ubicación del lugar de acopio de los aceites

Coordenadas UTM	
Este:	363142.00 M E
Norte:	8898732.00 M S

Nota. La tabla muestra la ubicación en coordenadas UTM, del lugar de acopio de los aceites.

3.2.2. MUESTRA

En el presente estudio se tomará 6 litros de biocombustible (3 L de aceite residual doméstico y 3 para el aceite residual pecuario), los cuales se utilizarán para el test, estos son determinados por los dos grupos experimentales, se llevarán 2 unidades de análisis por cada grupo experimental al laboratorio, teniendo un total de 4 unidades.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En cuanto a la recolección de datos, dicha investigación se dividirá en tres fases en la obtención de los resultados deseados:

Recolección de información

En esta primera fase, se investigará e indagará toda la reseña histórica, conocida como antecedentes de los trabajos ya realizados sobre el estudio de los indicadores y variables del proyecto, así mismo se envolverán todos los artículos científicos y libros que mencionan el tema a tratar.

Coordinaciones previas

Se realizará una solicitud correspondiente para el uso del espacio donde se desarrollará el procedimiento para conseguir el biocombustible, además de coordinar los resultados de laboratorio sobre los parámetros obtenidos de los aceites de manera eficiente.

Fase de campo

Una vez situado el terreno del proyecto se procederá a recolectar los aceites residuales para así aplicar el método de transesterificación para la producción del biocombustible, luego se derivará a instalar el equipo necesario para la obtención del biodiésel, se tomará muestras del biodiésel después del proceso, para realizar el análisis en el laboratorio, esto nos brindará los datos necesarios para identificar la eficacia del método aplicado.

Tabla 5*Cuadro de técnicas e instrumentos usados en el proyecto*

Variable	Calibración	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Transesterificación (Método de Mike Pelly)		Densidad a 15°C	Observación	Medidor de Densidad
		Punto de Inflamación		Copa Cerrada Pensky- Martens
		Viscosidad a 40° C		Viscosímetro de Ostwald

Nota. La tabla muestra las técnicas e instrumentos usados en el método de transesterificación. Información obtenida del artículo científico Calidad del combustible biodiésel y la norma ASTM, 2010.

Protocolo para la obtención de biodiésel

Muestras de laboratorio

Las muestras del laboratorio a evaluar deben tener concordancia, respecto al protocolo brindado para la obtención del biocombustible, esto estará determinado de acuerdo a los óleos que derivarán para la producción de este combustible.

Características de las muestras del laboratorio

Las características de las muestras del laboratorio son:

- La información obtenida del laboratorio tiene que ser precisas y accesibles.
- Permitir que la muestra sea representativa.
- Las muestras deben ser adecuadamente empaquetadas o resguardadas de la intemperie.

- Debe contar con una estabilidad establecida según el protocolo.

Parámetros de calidad

Los parámetros que se tomarán en consideración para las muestras del laboratorio están señalados en el D.S.N.°021-2007 MINEM y las normas técnicas internacionales ASTM, los cuales son:

- Densidad a 15 °C (ASTM D4052-22).
- Punto de Inflamación (ASTM D93-20).
- Viscosidad a 40 °C (ASTM D445-23).

Los parámetros son monitoreados luego de haber obtenido los resultados del laboratorio.

Desarrollo de las muestras

Las muestras se van a desarrollar de acuerdo al protocolo establecido y serán evaluados por laboratorios acreditados. El trabajo de campo se iniciará con el acondicionamiento de los materiales, equipos e indumentaria de protección.

De la misma forma se debe poseer con la logística y la movilidad para el traslado de las muestras.

Acondicionamiento de los materiales y equipos

- 2 vasos de Precipitado de 1 L
- 10 peras de decantación
- 2 matraces de Erlenmeyer de 250 ml
- 10 soportes universales
- 1 placa Petri pequeña
- 2 probetas de 100 ml

- 2 probetas de 1 L
- 2 frascos de 1 L
- 1 probeta de 50 ml
- 2 magnetos
- 2 matraces de Erlenmeyer de 1 L
- 1 piseta para el agua
- 1 papel filtro

Equipos

- Balanza Analítica
- Agitador Magnético
- Equipo de Bomba al Vacío

Vestimenta de protección

- Manopla de látex desechables
- Lentes de seguridad
- Guardapolvo
- Mascarilla desechable

Toma de muestra del biocombustible

Se sugiere emplear recipientes de plásticos o vidrio de boca amplia con tranca hermética y limpia. El tipo de recipiente dependerá de los parámetros que se vayan a evaluar en la muestra.

Preservación de la muestra

Cuando ya se haya conseguido la muestra por el método empleado, de acuerdo al parámetro lo requiera, se colocaría en un recipiente donde se le agregaría un reactivo, esto para derivar al laboratorio donde será enviado para su análisis.

Etiquetado y rotulado de la muestra

Los envases deben ser rotulados y etiquetados, con letra legible y clara, se recomienda utilizar plumón de tinta imborrable y envolver la etiqueta con cinta adherente cristalina conteniendo la siguiente información:

- Nombre del óleo y apelativo de la muestra
- Fecha y hora de la muestra
- Número de muestra

Cantidad de la muestra

La cantidad será determinada según requiere el laboratorio, esto se tomará en cuenta según los parámetros que serán evaluados, la cantidad que solicitó fue de 1000 ml por muestra.

Recolección de muestras

La etapa de recolección de muestras es sumamente importante, para lo cual se deberán acoger los cuidados necesarios para el acondicionamiento y equipamiento del material de muestreo, así como el procedimiento para el cálculo de los parámetros de campo.

Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán útiles si es que no se manipula y recoge adecuadamente las muestras.

Los laboratorios que se encuentran acreditados corresponderán aseverar la adecuada cogida de muestras que debe contener:

- Los recipientes de muestras hayan de ser los propicios de cada parámetro a evaluar.
- Todos los formatos y registros de las muestras, debe contar con su cadena de custodia.
- Tener actualizados los inventarios de inspección de equipos, para asegurar la calibración y el sustento de los mismos.

Preservación y envío de muestras

Las muestras de los biocombustibles, resguardadas y rotuladas, deberán ser colocadas en un cajón de acopio térmico, para así cumplir con la recomendación de temperatura indicada.

Se puede optar por utilizar bolsas herméticas para evitar fugaz del contenido de los recipientes, se debe evitar fisuras en el caso de los recipientes de cristal en el transcurso del envío de muestras, empleando bolsas de poliburbujas de cubierta o cualquier material resistente.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para la evaluación se utilizó el SPSS como programa y la t de Student para establecer si se encuentra una diferencia sustancial entre los 2 grupos de aceites residuales que estudiaremos, las cuales son: aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

El análisis de los datos obtenidos para los parámetros evaluados (densidad, viscosidad y punto de inflamación) se realizó aplicando técnicas estadísticas, lo que permitió identificar diferencias significativas entre el biodiésel obtenido a partir de aceite residual doméstico y aceite residual pecuario. Para ello, se utilizó el software SPSS, y se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes, con un nivel de significancia del 5%.

Tabla 6

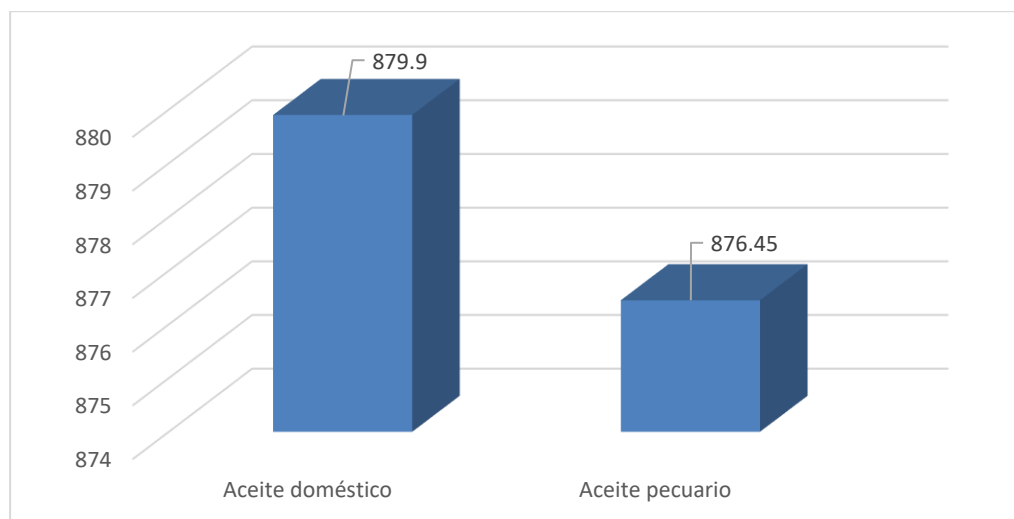
Descripción del parámetro densidad, Kg/m³ del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario

Densidad (Kg/m3)	Aceite doméstico	Aceite pecuario
Media	879.9	876.45
Error estándar de la media	0.30	0.15
Límite inferior 95% Nivel de confianza	876.08	874.54
Límite superior 95% Nivel de confianza	883.71	878.36
ASTM D4052-22	860 -900 (Media 880)	

Nota. Datos obtenidos en el trabajo experimental. Julio 2024.

Figura 3

Descripción del parámetro densidad (Kg/m^3) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario



Nota. La densidad obtenida en el biodiésel al emplear el aceite doméstico (879.90 Kg/m^3) se aprecia muy cercana a la media del ASTM D4052-22 (880.00 Kg/m^3), le sigue de cerca la obtenida con el aceite pecuario (876.45 Kg/m^3). Estadísticamente, por medio de los intervalos de confianza se aprecia que ambos grupos son diferentes.

La densidad del biodiésel fue evaluada tanto para el aceite residual doméstico como para el pecuario. El gráfico correspondiente mostró que la densidad promedio del biodiésel obtenido a partir del aceite doméstico (879.9 kg/m^3) es ligeramente superior a la del aceite pecuario (876.45 kg/m^3). Estos valores están dentro del rango permitido por la norma ASTM D4052-22, que exige que la densidad del biodiésel se encuentre entre 860 kg/m^3 y 900 kg/m^3 . La diferencia observada entre ambos grupos fue significativa, como lo indica el valor p (0.009), lo que demuestra que la fuente del aceite afecta directamente este parámetro.

Tabla 7

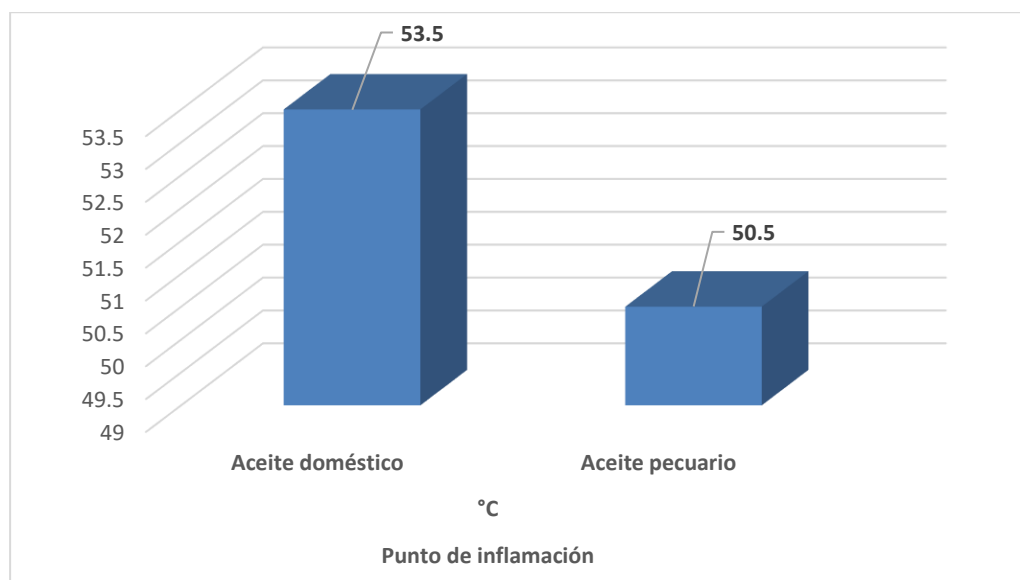
Descripción de los parámetros punto de inflamación (°C) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario

Descriptivos	Punto de inflamación °C	
	Aceite doméstico	Aceite pecuario
Media	53.5	50.5
Error estándar de la media	1.0	2.0
Límite inferior 95% Nivel de confianza	40.79	25.09
Límite superior 95% Nivel de confianza	66.21	75.91
ASTM D93-20	60-190 (media 125)	

Nota. Datos obtenidos en el trabajo experimental. Julio 2024.

Figura 4

Descripción de los parámetros punto de inflamación (°C) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario



Nota. El punto de inflamación en el biodiésel al emplear el aceite doméstico (53.5 °C) se aprecia que está alejado a la media del ASTM D93-20 (125.00 °C), más alejado se encuentra el obtenido con el aceite pecuario (50.5 °C). Estadísticamente, por medio de los intervalos de confianza se aprecia que ambos grupos son semejantes.

El punto de inflamación se refiere a la temperatura mínima a la que un combustible puede formar vapores inflamables. El biodiésel del aceite doméstico registró un punto de inflamación promedio de 53.5 °C, mientras que el biodiésel del aceite pecuario fue de 50.5 °C. Ambos valores están por debajo del valor mínimo recomendado por la norma ASTM D93-20 (60 °C). No obstante, el análisis de los datos indica que no existe una diferencia significativa entre ambos aceites en cuanto a este parámetro ($p = 0.312$), lo que sugiere que tanto el aceite doméstico como el pecuario tienen un comportamiento similar respecto al punto de inflamación.

Tabla 8

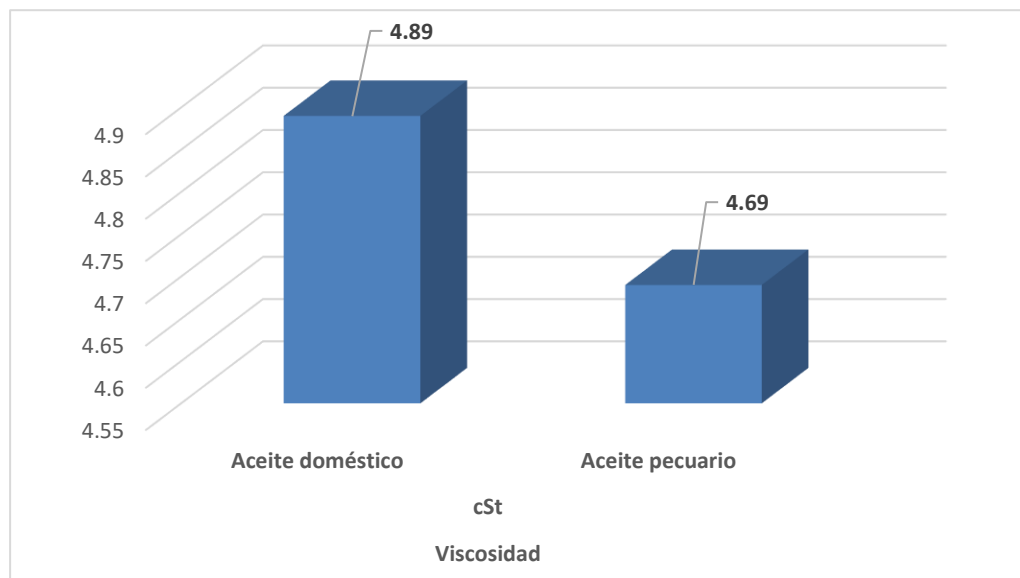
Descripción de los parámetros Viscosidad, (cSt) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario

Descriptivos	Viscosidad cSt	
	Aceite doméstico	Aceite pecuario
Media	4.89	4.69
Error estándar de la media	0.02	0.048
Límite inferior 95% Nivel de confianza	4.64	4.08
Límite superior 95% Nivel de confianza	5.14	5.30
ASTM D445-23	1.9-6 (Media 3.95)	

Nota. Datos obtenidos en el trabajo experimental. Julio 2024.

Figura 5

Descripción de los parámetros Viscosidad, (cSt) del biodiésel bajo el método de Mike Pelly, usando aceite residual doméstico y aceite residual pecuario



Nota. La viscosidad obtenida en el biodiésel al emplear el aceite pecuario (4.69 cSt) se aprecia muy cercana a la media del ASTM D445-23 (3.95 cSt), le sigue de cerca la obtenida con el aceite doméstico (4.89 cSt). Estadísticamente, por medio de los intervalos de confianza se aprecia que ambos grupos son diferentes.

La viscosidad es un factor crucial en la calidad del biodiésel, ya que influye en su capacidad de fluir a través del sistema de inyección del motor. Los gráficos indican que la viscosidad promedio del biodiésel derivado de aceite doméstico (4.89 cSt) es mayor que la del biodiésel obtenido de aceite pecuario (4.69 cSt). Aunque ambos valores exceden ligeramente el ideal de 3.95 cSt establecido por la norma ASTM D445-23, se mantienen dentro del rango permisible de 1.9 a 6 cSt. A través de la prueba t de Student, se observó una diferencia marginal entre ambos grupos ($p = 0.059$), aunque no significativa estadísticamente.

Tabla 9*Prueba de normalidad de los datos*

	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Punto de Inflamación (°C)	04,895	4	0,406
Viscosidad (cSt)	0,933	4	0,614
Densidad (Kg/m ³)	0.833	4	0.177

Nota. Habiéndose realizado la prueba de normalidad de los datos en las variables Punto de Inflamación (°C), Viscosidad (cSt) y Densidad (Kg/m³) con el test de Shapiro-Wilk, se ha encontrado que los datos si se asemejan a una distribución normal. Se llega a esta conclusión debido a que en los tres casos se ha obtenido un p-valor superior al valor convencional del nivel de significancia, el cual es 0.05. Los p-valores obtenidos son 0.406, 0.614 y 0.177 respectivamente. Por lo anterior, es pertinente la elección de una prueba estadística paramétrica para el análisis de los datos. Por el contexto, la prueba estadística a aplicar sería la t de Student para muestras independientes.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis alterna:

La eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico es diferente a la eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.

Hipótesis nula:

La eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico no es diferente a la eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.

Nivel de significancia: 5%

Prueba estadística: t de Student para muestras independientes.

Tabla 10*Prueba de hipótesis*

	Prueba t para la igualdad de medias				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Punto de Inflamación (°C)	1.342	2	0.312	3.00000	2.23607
Viscosidad (cSt)	3.942	2	0.059	0.20500	0.05200
Densidad (Kg/m3)	10.286	2	0.009	3.45000	0.33541

Nota. Prueba de hipótesis con la t de Student para muestras independientes.

Los resultados de la prueba indican que existe diferencia en los resultados del parámetro físico (densidad), debido a que se ha obtenido un p-valor inferior al nivel de significancia convencional de 5% (0.05). En los otros indicadores, Punto de inflamación y viscosidad, los resultados son semejantes al usarse ambos aceites. Por lo anterior, se concluye que la diferencia se encuentra solo en el indicador de la densidad.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al Objetivo general planteado:

OG: Comparar la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.

El presente estudio se centró en evaluar y comparar la eficacia de la transesterificación para la producción de biodiésel a partir de dos tipos de aceites residuales: el aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario. Para llevar a cabo esta comparación, se analizaron tres indicadores clave de calidad del biodiésel: densidad, viscosidad y punto de inflamación. Estos parámetros fueron evaluados a través de pruebas de laboratorio, y los resultados obtenidos se contrastaron con los estándares establecidos por la ASTM.

De acuerdo a los parámetros determinados se obtuvieron los siguientes resultados por parte de los aceites residuales, con el valor promedio de estos; densidad del aceite residual doméstico es 879.9 kg/m³, mientras que el aceite residual pecuario tiene 876.45 kg/m³, estos valores están dentro del rango recomendado por la norma ASTM D4052-22, que establece una densidad mínima de 860 kg/m³ y máxima de 900 kg/m³ para el biodiésel, realizando la comparación se llegó que el biodiésel del aceite residual doméstico se acerca más al valor de referencia, lo que podría indicar una ligera ventaja en cuanto a la calidad del producto final por medio de su densidad. Por otra parte, el parámetro de viscosidad se alcanzó los resultados de acuerdo al promedio de los biodiésel obtenidos; se evidenció que el biodiésel producido por el aceite residual doméstico tiene el valor de 4.89 cSt, por el contrario, la viscosidad del aceite residual pecuario es 4.69 cSt, estos valores se encuentran por encima del valor ideal de 3.95 cSt recomendado por la norma ASTM D445-23, pero dentro del rango permisible de 1.9 a 6 cSt, llegando a cotejar se muestra que, aunque la viscosidad de ambos tipos

de biodiésel excede el valor ideal, la viscosidad del biodiésel derivado del aceite doméstico es ligeramente mayor. En lo que es el parámetro de punto de inflamación se realizó una comparación de datos de acuerdo al valor promedio de los aceites residuales, consiguiendo que el biodiésel obtenido del aceite residual doméstico cuenta con un resultado de 53.5 °C, mientras que del aceite residual pecuario posee 50.5 °C, estos valores están por debajo del mínimo establecido por la norma ASTM D93-20, que recomienda un valor mínimo de 60 °C, aunque ambos tipos de biodiésel tienen puntos de inflamación por debajo del estándar, el aceite doméstico presenta valores ligeramente superiores, lo que podría ofrecer una ventaja en términos de seguridad.

En cuanto a la densidad que se muestran en la tabla 5, el biodiésel del aceite doméstico (879.9 kg/m³) mostró mejores resultados que el de aceite pecuario (876.45 kg/m³), lo que coincide con Barrutia y Tarazona (2019) y García y Baldizón (2018), quienes también observaron densidades más favorables en aceites domésticos.

Respecto a la viscosidad que se muestra en la tabla 6 el biodiésel de aceite doméstico (4.89 cSt) fue mayor que el de aceite pecuario (4.69 cSt). Resultados similares fueron reportados por Vera et al. (2020) y Peña (2021), confirmando que los aceites domésticos tienden a generar biodiésel con mayor viscosidad.

Finalmente, en el punto de inflamación que se muestra en la tabla 7, el biodiésel de aceite doméstico (53.5 °C) superó al de aceite pecuario (50.5 °C), aunque ambos por debajo del estándar ASTM. Palma y Sosa (2020) y Sanaguano (2018) también reportaron una ligera ventaja en aceites domésticos.

En conjunto, el biodiésel de aceite doméstico presenta mejor rendimiento en comparación con el pecuario, confirmando la mayor eficacia de la transesterificación del primero.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que el biodiésel derivado de aceite residual doméstico presenta una ligera ventaja sobre el aceite pecuario en términos de densidad y punto de inflamación, lo que lo hace más favorable para ciertas aplicaciones. Sin embargo, en cuanto a la viscosidad, ambos biodiésels superan el valor ideal recomendado, lo que podría implicar ajustes en el proceso de producción o tratamiento posterior para optimizar su rendimiento. Al contrastar con estudios previos, se confirma la validez de estos resultados, los cuales se alinean con investigaciones de biodiésel de aceites similares, proporcionando un marco confiable para futuras investigaciones en este campo.

Respecto al Objetivo Específico 1:

OE1: Describir los valores de la densidad del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.

El análisis de la densidad que se muestra en la tabla 5 del biodiésel obtenido a partir de aceites residuales domésticos y pecuarios muestra resultados interesantes. Después de aplicar el Método de Mike Pelly para la transesterificación, el biodiésel del aceite doméstico registró una densidad promedio de 879.9 kg/m^3 , mientras que el biodiésel del aceite pecuario alcanzó 876.45 kg/m^3 . Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la norma ASTM D4052-22, que exige que la densidad del biodiésel esté entre 860 kg/m^3 y 900 kg/m^3 .

La densidad del biodiésel es un parámetro clave, ya que influye en el rendimiento del combustible. En términos generales, una densidad más alta podría estar asociada a una mayor cantidad de energía por unidad de volumen, lo que potencialmente mejora el rendimiento del motor en términos de autonomía. El hecho de que el biodiésel de aceite doméstico presente una densidad ligeramente superior sugiere una mejor compactación molecular, lo que podría traducirse en un combustible con mayor poder calorífico.

Sin embargo, estas diferencias son marginales y, aunque el biodiésel doméstico parece tener una ligera ventaja, ambas densidades están dentro de los estándares aceptables para su uso como combustible.

Es importante mencionar que, aunque el biodiésel del aceite doméstico mostró una densidad superior, el biodiésel del aceite pecuario también cumple con las normativas y podría ser igualmente adecuado para aplicaciones prácticas. La variación observada entre ambos aceites puede deberse a las diferencias en la composición de los ácidos grasos presentes en los residuos, lo que influye en la estructura del biodiésel resultante.

En este estudio, la densidad del biodiésel obtenido del aceite doméstico fue de 879.9 kg/m^3 , mientras que el biodiésel del aceite pecuario mostró un valor de 876.45 kg/m^3 . Estos resultados están dentro del rango recomendado por la norma ASTM D4052-22 y son similares a los reportados en investigaciones anteriores.

Barrutia y Tarazona (2019) realizaron un estudio sobre la producción de biodiésel a partir del aceite residual de cerdo y pato, encontrando densidades promedio de 880 kg/m^3 , un valor muy cercano al obtenido en este trabajo, al utilizar aceite residual doméstico. Este resultado refuerza la consistencia del proceso de transesterificación del aceite doméstico para producir biodiésel con densidades adecuadas, lo que sugiere que las condiciones de reacción empleadas en ambos estudios fueron similares o igualmente eficaces.

Por otro lado, Palma y Sosa (2020), al trabajar con aceites residuales, reportaron una densidad de 875 kg/m^3 para el biodiésel obtenido de aceite residual pecuario, lo que coincide con los 876.45 kg/m^3 alcanzados en este estudio.

La pequeña diferencia puede atribuirse a variaciones en la calidad del aceite residual o las condiciones específicas de transesterificación, pero ambos resultados caen dentro de los parámetros normativos, mostrando que el aceite pecuario es igualmente viable para la producción de biodiésel con densidad adecuada.

Finalmente, García y Baldizón (2018) realizaron una investigación en la que compararon diferentes aceites residuales (tanto domésticos como pecuarios) para la producción de biodiésel, reportando densidades que variaban entre 876 kg/m³ y 880 kg/m³, dependiendo del tipo de aceite utilizado. Estos valores son muy similares a los obtenidos en el presente estudio, confirmando que tanto el aceite doméstico como el pecuario pueden generar biodiésel con densidades dentro de los rangos aceptables.

Los resultados muestran que tanto el biodiésel de aceite doméstico (879.9 kg/m³) como el de aceite pecuario (876.45 kg/m³) cumplen con los estándares normativos para densidad. La ligera ventaja en densidad del biodiésel doméstico indica una posible mayor eficiencia energética, aunque esta diferencia es mínima y ambos tipos de biodiésel son adecuados para su uso.

La consistencia de estos resultados con estudios anteriores respalda la efectividad del Método de Mike Pelly en la transesterificación de aceites residuales. En mi opinión, la diferencia en densidad no afecta significativamente la viabilidad de ambos biodiésels, y ambos son opciones sostenibles para la producción de combustible.

Respecto al Objetivo Específico 2:

OE2: Describir los valores de la viscosidad y punto de inflamación del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.

La viscosidad que se muestra en la tabla 7 del biodiésel producido a partir de aceite residual doméstico fue de 4.89 cSt, mientras que el biodiésel derivado del aceite pecuario tuvo una viscosidad de 4.69 cSt. La viscosidad es una medida de la resistencia de un líquido al flujo. En el caso del biodiésel, una viscosidad adecuada es crucial para asegurar un flujo óptimo a través de los sistemas de inyección y los motores.

El valor ideal recomendado por las normas para la viscosidad del biodiésel es de 3.95 cSt. Ambos biodiésel, tanto el del aceite doméstico como el del aceite pecuario, se encuentran por encima de este valor ideal pero dentro del rango permisible de 1.9 a 6 cSt.

El biodiésel de aceite doméstico, con una viscosidad de 4.89 cSt, es ligeramente más espeso que el biodiésel de aceite pecuario (4.69 cSt). Esta diferencia puede tener implicaciones en la operación del motor. Un biodiésel con mayor viscosidad puede ser más difícil de atomizar, lo que podría afectar la combustión y la eficiencia del motor. Esto podría llevar a la necesidad de ajustar los sistemas de inyección o emplear mezclas de biodiésel con otros combustibles para asegurar un rendimiento óptimo. Aunque la diferencia en viscosidad es pequeña, es importante considerar estos ajustes para optimizar el uso del biodiésel en diferentes motores.

El punto de inflamación del biodiésel que se muestra en la tabla 6 obtenido de aceite doméstico fue de 53.5 °C, mientras que el biodiésel del aceite pecuario mostró un punto de inflamación de 50.5 °C. El punto de inflamación es la temperatura mínima a la que un combustible puede formar vapores que se encenderán en presencia de una llama.

El valor mínimo recomendado para el punto de inflamación del biodiésel es 60 °C. Ambos biodiésels, tanto el de aceite doméstico como el de aceite pecuario, tienen puntos de inflamación inferiores a este estándar. Esto sugiere que ambos tipos de biodiésel presentan un riesgo mayor de inflamación accidental a temperaturas más bajas, lo que podría plantear preocupaciones de seguridad durante el almacenamiento y manejo.

Sin embargo, el biodiésel de aceite doméstico, con un punto de inflamación de 53.5 °C, ofrece una ligera ventaja sobre el biodiésel de aceite pecuario (50.5 °C). Un punto de inflamación más alto es preferible porque indica una mayor estabilidad térmica y una menor probabilidad de inflamación accidental. Esta diferencia, aunque pequeña, puede tener implicaciones en términos de seguridad, especialmente en aplicaciones donde el manejo del biodiésel pueda implicar exposición a temperaturas elevadas o condiciones extremas.

Al comparar los resultados obtenidos en este estudio sobre la viscosidad y el punto de inflamación del biodiésel con los reportados por otros investigadores, se observa una coherencia en las tendencias observadas, lo cual apoya la validez de los resultados y proporciona una visión más clara sobre la calidad del biodiésel producido.

Viscosidad:

A. García y Baldizón (2018) reportaron que el biodiésel producido a partir de aceite doméstico tenía una viscosidad de aproximadamente 4.8 cSt, que es bastante similar a los 4.89 cSt encontrados en este estudio. Esta coincidencia sugiere que el proceso de transesterificación del aceite doméstico resulta en un biodiésel con una viscosidad consistente, aunque algo mayor al valor ideal de 3.95 cSt.

B. Palma y Sosa (2020), en su investigación sobre biodiésel derivado de aceite residual pecuario, encontraron una viscosidad promedio de 4.7 cSt, cercana a los 4.69 cSt observados en este estudio. Este resultado respalda la idea de que el aceite pecuario produce biodiésel con una viscosidad dentro del rango permisible, aunque también ligeramente superior al valor ideal recomendado.

C. Peña (2021) investigó varios aceites residuales y reportó viscosidades de biodiésel que varían entre 4.5 cSt y 5.0 cSt. Los valores obtenidos en este estudio caen bien dentro de este rango, confirmando que tanto el aceite doméstico como el pecuario producen biodiésel con características de viscosidad adecuadas para el uso previsto.

Punto de Inflamación:

A. Barrutia y Tarazona (2019) encontraron que el biodiésel derivado de aceite doméstico tenía un punto de inflamación de 55 °C, que es algo más alto que los 53.5 °C reportados en este estudio. Aunque el punto de inflamación del biodiésel doméstico aquí es inferior al estándar recomendado de 60 °C, sigue siendo relativamente seguro, y la diferencia es pequeña.

B. Lescano (2019) reportó un punto de inflamación para el biodiésel de aceite residual pecuario de 51 °C, ligeramente superior a los 50.5 °C encontrados en este estudio. Aunque ambos valores están por debajo del mínimo recomendado, la diferencia es menor y muestra una tendencia similar en cuanto a la seguridad del biodiésel de aceite pecuario.

C. Sanaguano (2018) encontró puntos de inflamación para biodiésel de aceite residual en un rango de 52 °C a 58 °C, que incluye los valores obtenidos en este estudio. La tendencia observada en los resultados sugiere que el biodiésel de aceite doméstico y pecuario produce combustibles con puntos de inflamación en el rango bajo pero consistente con otros estudios.

Los resultados obtenidos para la viscosidad y el punto de inflamación del biodiésel muestran que, aunque ambos tipos de biodiésel (de aceite doméstico y pecuario) cumplen con las normativas básicas, presentan algunas diferencias notables. La viscosidad de ambos tipos de biodiésel está ligeramente por encima del valor ideal, lo que podría implicar ajustes en los motores para asegurar un funcionamiento óptimo. Sin embargo, la diferencia es mínima y ambos biodiésels se encuentran dentro del rango permisible.

El punto de inflamación de ambos biodiésels es inferior al estándar recomendado, lo que indica un mayor riesgo de inflamación accidental. A pesar de esto, el biodiésel de aceite doméstico tiene un punto de inflamación ligeramente superior, lo que sugiere una pequeña ventaja en términos de seguridad.

En mi opinión, estas diferencias, aunque presentes, no son lo suficientemente significativas como para descalificar ninguno de los biodiésels. Ambos tipos son viables para su uso, pero se deben considerar ajustes para optimizar su rendimiento y garantizar la seguridad en su manejo.

CONCLUSIONES

El estudio ha demostrado que la transesterificación de aceites residuales domésticos y pecuarios utilizando el Método de Mike Pelly es efectiva para producir biodiésel con características aceptables según las normas vigentes. Ambos tipos de aceites residuales son viables para la producción de biodiésel, cumpliendo con los rangos establecidos para densidad, viscosidad y punto de inflamación. Estos resultados subrayan la utilidad de los aceites residuales como materia prima en la producción de biodiésel y resaltan la importancia de ajustar el proceso para optimizar las propiedades del biodiésel.

La densidad del biodiésel obtenido del aceite residual doméstico y del aceite residual pecuario se encuentra dentro del rango recomendado por las normativas, con el biodiésel del aceite doméstico presentando una densidad ligeramente mayor. Esta pequeña diferencia en densidad no afecta significativamente la calidad general del biodiésel, pero sugiere que el biodiésel de aceite doméstico podría tener un leve beneficio en términos de contenido energético. Ambos tipos de biodiésel son adecuados para su uso y cumplen con los requisitos de densidad establecidos.

La viscosidad del biodiésel obtenido tanto del aceite doméstico como del pecuario está por encima del valor ideal recomendado, aunque sigue dentro del rango permisible. Esto indica que ambos biodiésel pueden requerir ajustes para un rendimiento óptimo en motores. En cuanto al punto de inflamación, ambos tipos de biodiésel están por debajo del mínimo recomendado, con el biodiésel de aceite doméstico mostrando una ligera ventaja en seguridad debido a su punto de inflamación ligeramente superior. Aunque estas diferencias son menores, es importante considerar estas características para garantizar el mejor rendimiento y seguridad del biodiésel.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios adicionales para optimizar los parámetros del proceso de transesterificación, como la concentración de catalizador, el tiempo de reacción y la temperatura. Esto podría ayudar a reducir la viscosidad del biodiésel y ajustar el punto de inflamación, mejorando así su rendimiento y seguridad.
- Se recomienda llevar a cabo pruebas prácticas en motores utilizando el biodiésel producido para evaluar su rendimiento real, eficiencia y posibles efectos sobre el desgaste de los componentes. Estas pruebas ayudarán a identificar cualquier ajuste necesario en los sistemas de inyección o filtros para asegurar un funcionamiento óptimo.
- Se recomienda incluir un análisis económico y ambiental más detallado en futuras investigaciones. Evaluar el costo de producción del biodiésel a partir de aceites residuales y comparar con otros combustibles puede proporcionar una visión más completa sobre la viabilidad económica. Además, analizar el impacto ambiental de la producción y uso del biodiésel contribuirá a comprender mejor su sostenibilidad.
- Se recomienda expandir la investigación para incluir otros tipos de aceites residuales, como aceites industriales o vegetales diferentes, para comparar sus características con las del aceite doméstico y pecuario. Esto podría ofrecer una perspectiva más amplia sobre las posibilidades de biodiésel a partir de diversas fuentes de residuos y contribuir a una mejor comprensión de la viabilidad general de cada tipo de aceite residual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, M, y Cipra, P. (2015). *Estudio comparativo de los biodiésel, obtenidos a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto*. [tesis de pregrado Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNTP. <https://n9.cl/kv1eb>
- Andersen, O, & Weinbach, J. (2010). *Grasa animal residual y pescado para la producción de biodiésel*. Potenciales en Noruega. [artículo de revista científica, Instituto de Investigación de Noruega Occidental (WNRI)] ELSEVIER, Página de Revista. <https://n9.cl/4nah9>
- Arévalo, P., Ulloa, J y Astrudillo, S. (2018), *Obtención de biodiésel a partir de grasa bovina*, [tesis de pregrado Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://n9.cl/t6bck>
- Atabani, A, Silitonga, A, Badruddina, I, Mahliaa, T, Masjukia, H, y Mekhilefd, S. (2012). *Una revisión exhaustiva sobre el biodiésel como fuente de energía alternativa y sus características*. [artículo de revista científica, Departamento de Ingeniería Química y Química Física, Universidad de Extremadura] ScienceDirect, Volumen 102, Páginas 10907- 10914. Página de Revista. <https://n9.cl/p5w4b>
- Barrutia Mauricio, V. H., y Tarazona López, E. M. (2019), *Comparación de biodiésel a partir del aceite extraído de la grasa de cerdo y de pato*, [tesis de pregrado Universidad Cesar Vallejo] Repositorio Institucional UCV. <https://n9.cl/vyg3s2>
- Benjumea, P, Agudelo, J, y Alberto, L. (2009). *Biodiésel: Producción, Calidad y Caracterización*. [libro ,Universidad de Antioquia] Madrid, España, Página del libro. <https://n9.cl/loi98>
- Caselles, M, Gómez, M., Molero, M, y Sardá, J. (2015). *Química aplicada a la ingeniería*. [libro ,UNED] Unidad Didáctica, España, Página del libro. <https://n9.cl/0p477>

Choi, C. (2006). Biodiésel Is Better. (S. American, Ed.) Encinar, J, Sánchez, N, Martínez, G, y García, L. (2011). *Estudio de producción de biodiésel a partir de grasas animales con alto contenido en ácidos grasos libres*. [artículo de revista científica, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Malaya, Jartum, Politécnico Estatal de Medan] ScienceDirect, Volumen 16, Páginas 2070-2093. Página de Revista. <https://n9.cl/7vrr3>

De la Cruz Liza (2020) *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta piloto de producción de biodiésel a partir de los residuos sólidos de café gastado en la región Lambayeque*. [tesis de pregrado Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] Repositorio Institucional UNPRG. <https://n9.cl/0nz4e>

Fangrui, M, Clements, L. , y Milford A. (1999). *El efecto de la mezcla en la transesterificación del sebo de res*. 69, 289-293. Tecnología Bioambiental. [artículo de revista científica, Centro de productos agrícolas industriales, Universidad de Nebraska-Lincoln] ScienceDirect, Volumen 69, Páginas 289-293. Página de Revista. <https://n9.cl/c16zi>

García Báez, O. R., y Baldizón Martínez, C. E. (2018) *Producción de biodiésel a partir del reciclamiento de aceite de cocina mediante un proceso mecanizado, utilizando el método de Mike Pelly*, [tesis de pregrado Universidad Nacional de Ingeniería] Repositorio Institucional UNI. <https://n9.cl/5ymrp>

García, A. (2021). *Obtención de biodiésel asistida por ultrasonidos a partir de aceites de Jatropha curcas y Moringa oleífera*. RENIA. [artículo de revista científica, Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Tecnológica de La Habana] RENIA, Volumen 2. Página de Revista. <https://n9.cl/y1und>

Glisic, S. y Orlović, A. (2014). *Revisión de la síntesis de biodiésel a partir de aceite usado a presión y temperatura elevadas: equilibrio de fases, cinética de reacción, diseño de procesos y estudio tecnoeconómico*, [artículo de revista científica Facultad de Tecnología y Metalurgia,

Universidad de Belgrado, Karnegijeva] EconPapers, Volumen 31, Páginas 718-719. Página de Revista. <https://n9.cl/djum0>

Gómez Delgado, E. E., Alcida Nabarlatz, D., & Avellaneda Vargas, F. A. (2022). *Obtención de biodiésel por transesterificación in situ a partir de semillas de Jatropha curcas L.* [artículo de revista UIS, Universidad Industrial de Santander]. Página de Revista. <https://n9.cl/tlzgn>

Jeong, G, Yang, H, y Park, D. (2009). *Optimización de la transesterificación de ésteres de grasas animales utilizando la metodología de superficie respuesta.* [artículo de revista científica, Instituto de Investigación de Ingeniería, Universidad Nacional de Chonnam] ScienceDirect, Página de Revista. <https://n9.cl/m988b>

Jérôme Hervé, L. (2007). *Diseño conceptual de una planta de biodiésel.* [tesis de pregrado, Universidad de Chile] Repositorio Institucional UCHILE. <https://n9.cl/avw83r>

Kessel, N. (2009). *Estandarización Biodiésel.* ASTM INTERNATIONAL. <https://n9.cl/emomg>

Knothe G, y Dunn R.O. (1996). *Biodiésel: el uso de aceites vegetales y sus derivados como combustibles diesel alternativos.* [artículo de revista científica, Centro Nacional de Agricultura, Universidad de Ciencias y Tecnologías de la Vida de Letonia] AGRIS. Página de Revista. <https://n9.cl/wktaq>

Lenoir, C. (2002). *Análisis de la producción de Biodiésel.* [revista científica]. Estrucplan. <https://n9.cl/740ho>

Lescano Pizarro, F. H. (2019), *Transesterificación de los ácidos grasos de las grasas de Matadero Municipal de Tingo María para la obtención de Biodiésel,* [tesis de pregrado Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio Institucional UNAS. <https://n9.cl/97uvn0>

Lin, L, Cunshan, Z, Vittayapadung, Xiangqian, S, y Mingdong, D. (2011). *Oportunidades y desafíos para el combustible biodiésel.* [artículo de

revista científica, Escuela de Ingeniería Biológica y Alimentaria, Universidad de Jiangsu, Zhenjiang] ScienceDirect, Página de Revista. <https://n9.cl/scegkx>

Medina, I, Chávez, N, y Jáuregui, J. (2012). *Biodiésel, un combustible renovable*. [artículo de revista científica, Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes] Investigación y Ciencia, Página de Revista. <https://n9.cl/zba0s>

Mittelbach, M, y Remschmidt, C. (2004). *Biodiésel: The Comprehensive Handbook*. Graz. [libro, Universidad de Michigan] Casa del libro, Michigan, Página del libro. <https://n9.cl/wzhb5>

Moser. (2009). *Producción, propiedades y materias primas de biodiésel*. 45, 229-266. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. [artículo de revista científica, Avances de Química y Ciencia] Scientific Research, Página de Revista. <https://n9.cl/3wib1>

Palma Hernández, N. C., y Sosa Zavaleta, R. L. (2020), *Influencia de la transesterificación en la obtención del biodiésel elaborado a partir de aceite residual*, [tesis de pregrado Universidad Nacional de Trujillo] Repositorio Institucional UNT. <https://n9.cl/md0v4>

Peña Rosales, J. P. (2021), *Obtención de Biodiésel a partir de aceites residuales mediante transesterificación*, [tesis de pregrado Universidad Cesar Vallejo] Repositorio Institucional UCV. <https://n9.cl/y4l0c>

Rincón, José, y Silva, Electro. (2014). *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*. CYTED. [libro, Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía], Página del libro. <https://bit.ly/3qvF5rl>

Sanaguano Salguero, H. (2018), *Conversión de los aceites residuales de la industria de alimentos en biodiésel*, [tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] Repositorio Institucional UNMSM. <https://n9.cl/rw0xt>

Supo, J. y Zacarías, H. (2020). *Metodología de la Investigación Científica: Para Las Ciencias de la Salud y Las Ciencias Sociales*. 3da edición, [Editorial Bioestadístico EEDU EIRL], Arequipa, Perú.

Tejada, C., Tejada, L., y Villabona, O. (2003). *Obtención de biodiésel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal*. [artículo de revista científica, Luna Azul] Scielo, Página de Revista. <https://bit.ly/3tARV9T>

Vera Mahecha, M., Vargas Torres, F., y Buitrago, J. (2020), *Producción de biodiésel a partir de aceite de cocina usado*, [revista científica] Fundación Universitaria San Mateo-Colombia. <https://n9.cl/u5geo>

Vivas, A. (2010). *Estudio y obtención de biodiésel a partir de residuos grasos de origen bovino*. [tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira] Repositorio Institucional UTP. <https://n9.cl/rc1jz3>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Romero Medrano, R. (2025). Comparación de la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y el aceite residual pecuario para la obtención de biodiésel, Huánuco 2023-2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXO

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Variables/ Indicadores	Metodología
¿Cuál es la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite pecuario para la obtención de biodiésel?	Comparar la eficacia de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.	La eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico es diferente a la eficacia de transesterificación (método de Mike Pelly) del aceite residual pecuario para la obtención del biodiésel.	Variable Calibración Transesterificación (Método de Mike Pelly) Variable Evaluativa Obtención de biodiésel • Densidad a 15° C • Punto de Inflamación • Viscosidad a 40° C	Tipo: Analítico, Prospectivo Enfoque: Cuantitativo Alcance o Nivel: Aplicativo Población: Biodiésel Muestra: 6 litros del biodiésel (3 L de aceite residual doméstico y 3 L para el aceite residual pecuario) Diseño: Experimento Verdadero
Problema Específico	Objetivos Específicos			
¿Cuáles son los parámetros físicos del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario?	Describir los valores de la densidad del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.			
¿Cuáles son los parámetros químicos del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario?	Describir los valores de la viscosidad y punto de inflamación del biodiésel, luego de la transesterificación (Método de Mike Pelly) del aceite residual doméstico y aceite residual pecuario.			

Nota. La tabla muestra la matriz de consistencia de la investigación.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 3143-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 20 de diciembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1089-2023-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA TRANSESTERIFICACIÓN (MÉTODO DE MIKE PELLY) DEL ACEITE RESIDUAL DOMÉSTICO Y EL ACEITE RESIDUAL PECUARIO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL, HUÁNUCO 2023-2024”, presentado por el (la) Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1120-2023-D-FI-UDH, de fecha 17 de mayo de 2023, perteneciente al Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Elmer Riveros Agüero, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1089-2023-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA TRANSESTERIFICACIÓN (MÉTODO DE MIKE PELLY) DEL ACEITE RESIDUAL DOMÉSTICO Y EL ACEITE RESIDUAL PECUARIO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL, HUÁNUCO 2023-2024”, presentado por el (la) Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO**, integrado por los siguientes docentes: Dr. Hector Raul Zacarias Ventura (Presidente), Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario) y Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA TRANSESTERIFICACIÓN (MÉTODO DE MIKE PELLY) DEL ACEITE RESIDUAL DOMÉSTICO Y EL ACEITE RESIDUAL PECUARIO PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL, HUÁNUCO 2023-2024”, presentado por el (la) Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhaquani Monzoza Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA REDE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/BJML/nto.

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 0398-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de marzo de 2024

Visto, el Oficio N° 122-2024-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° N°473920-0000000607, del Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 473920-0000000607, presentado por el (la) Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 1120-2023-D-FI-UDH, de fecha 17 de mayo de 2023, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Richard Nixon ROMERO MEDRANO** al Mg. Elmer Riveros Agüero, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 1120-2023-D-FI-UDH, de fecha 17 de mayo de 2023.

Artículo Segundo.-. **DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis del Bach **Richard Nixon ROMERO MEDRANO** al Mg. Joel Gamez Penadillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhevan Manzana Lozano
SECRETARIO DOCENTE

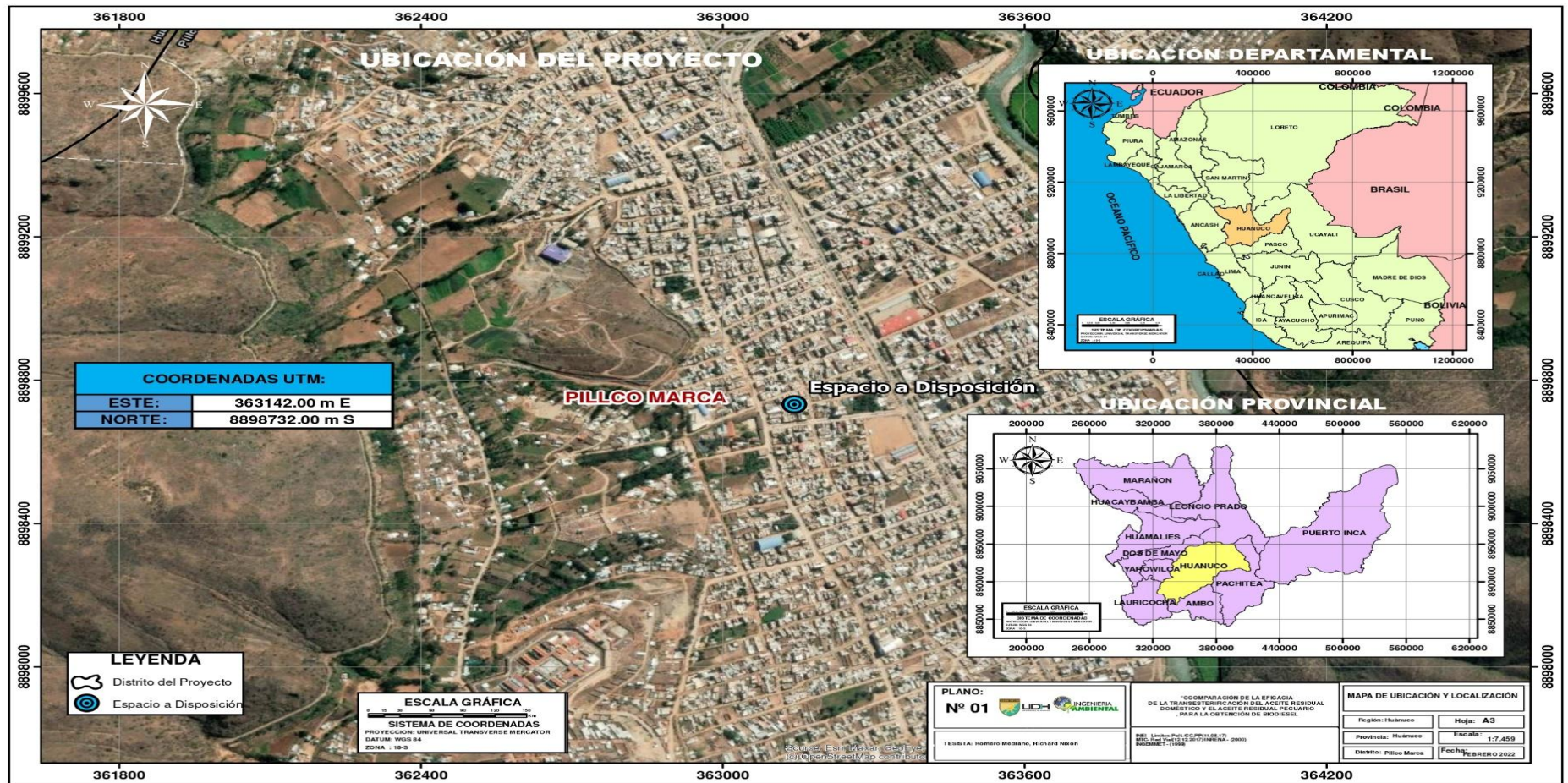


UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Rios
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIA- Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto

ANEXO 4

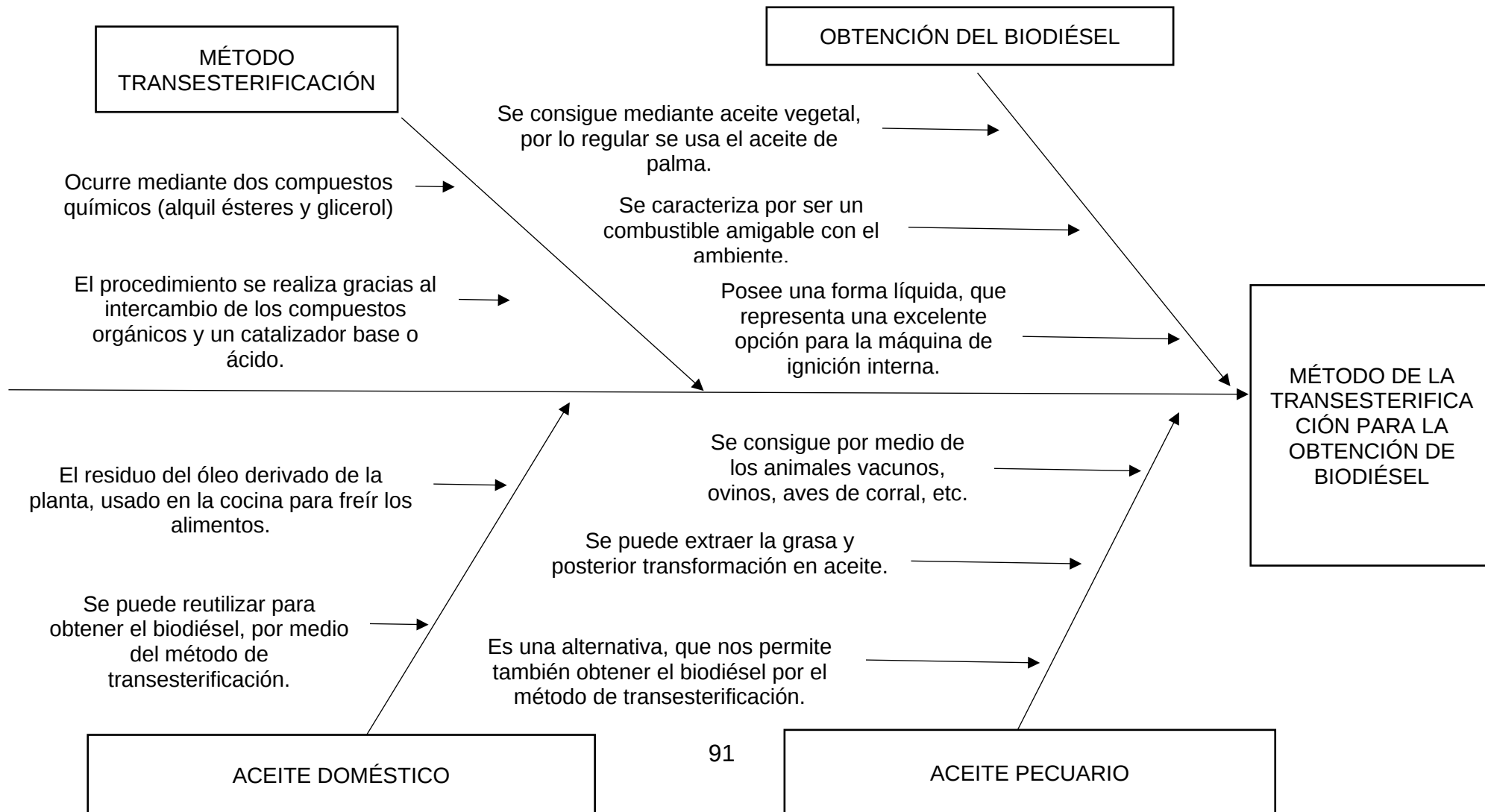
MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN



Nota. El gráfico evidencia el lugar donde será el punto de acopio de los aceites residuales.

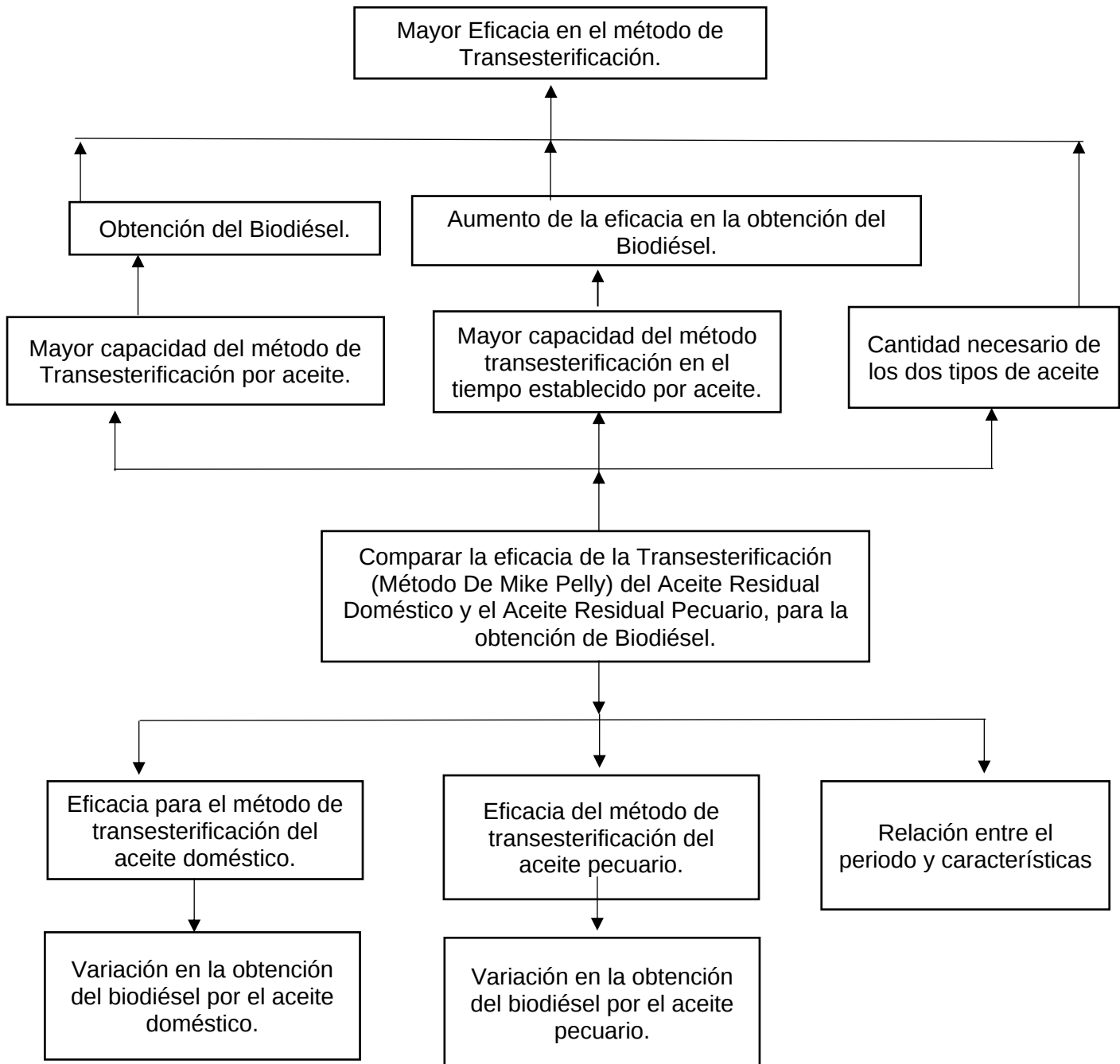
ANEXO 5

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 6

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 7

RESULTADOS DEL LABORATORIO

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



intertek
Total Quality. Assured.

INFORME DE ENSAYO N°: 01441H/24

No. Referencia Intertek: 2024-LIMA-000463

Cliente:	ROMERO MEDRANO RICHARD NIXON	Referencia del Cliente:	Correo electrónico
Contacto:	RICHARD NIXON ROMERO MEDRANO		
Dirección:	Calle las Brizas Mz B LTE 04 Pillco Marca, Huánuco, Huánuco		
Descripción de la Muestra:	(a) BIODIESEL	Fecha de recepción:	15-Julio-2024
Identificación:	P1-BC-1	Fecha inicio de análisis:	15-Julio-2024
Cantidad:	1.50 L	Fecha fin de análisis:	22-Julio-2024
Presentación:	Envase de plástico	ID Muestra:	2024-LIMA-000463-001
Procedencia:	Suministrado por el Cliente.	ITS REF.:	PER/08168-24
Lugar de ensayo:	Laboratorio Caleb Brett		
Método/Versión	Ensayo	Resultado	Unidad
ASTM D93-20	Punto de Inflamación por Copa Cerrada Pensky-Martens		
	Punto de Inflamación Corregido	52.5	°C
	Procedimiento	C	
ASTM D445-23	Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos (y Cálculo de la Viscosidad Dinámica)		
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	4.871	cSt
ASTM D4052-22	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa y gravedad API de líquidos por medidor de densidad digital.		
	Densidad @ 15°C *	880.2	kg/m³

(a) Según lo indicado por el cliente

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Nota: Se filtro la muestra para los análisis.

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:
CARLOS ANTONIO
GONZALES YAPO
Fecha: 22/07/2024
15:15:00



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

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



INFORME DE ENSAYO N°: 01446H/24
No. Referencia Intertek: 2024-LIMA-000463

Cliente:	ROMERO MEDRANO RICHARD NIXON	Referencia del Cliente:	Correo electrónico
Contacto:	RICHARD NIXON ROMERO MEDRANO		
Dirección:	Calle las Brizas Mz B LTE 04 Pillco Marca, Huánuco, Huánuco		

Descripción de la Muestra:	(a) BIODIESEL	Fecha de recepción:	15-Julio-2024
Identificación:	P2-BC-2	Fecha inicio de análisis:	15-Julio-2024
Cantidad:	1.50 L	Fecha fin de análisis:	22-Julio-2024
Presentación:	Envase de plástico	ID Muestra:	2024-LIMA-000463-002
Procedencia:	Suministrado por el Cliente.	ITS REF.:	PER/08168-24
Lugar de ensayo:	Laboratorio Caleb Brett		

Método/Versión	Ensayo	Resultado	Unidad
ASTM D93-20	Punto de Inflamación por Copa Cerrada Pensky-Martens		
	Punto de Inflamación Corregido	54.5	°C
	Procedimiento	C	
ASTM D445-23	Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos (y Cálculo de la Viscosidad Dinámica)		
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	4.911	cSt
ASTM D4052-22	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa y gravedad API de líquidos por medidor de densidad digital.		
	Densidad @ 15°C *	879.6	kg/m³

(a) Según lo indicado por el cliente

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Nota: Se filtro la muestra para los análisis.

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:
CARLOS ANTONIO
GONZALES YAPO
Fecha: 22/07/2024
15:15:01



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

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



INFORME DE ENSAYO N°: 01447H/24
No. Referencia Intertek: 2024-LIMA-000463

Cliente:	ROMERO MEDRANO RICHARD NIXON	Referencia del Cliente:	Correo electrónico
Contacto:	RICHARD NIXON ROMERO MEDRANO		
Dirección:	Calle las Brizas Mz B LTE 04 Pillco Marca, Huánuco, Huánuco		

Descripción de la Muestra:	(a) BIODIESEL	Fecha de recepción:	15-Julio-2024
Identificación:	P1-BP-1	Fecha inicio de análisis:	15-Julio-2024
Cantidad:	1.50 L	Fecha fin de análisis:	22-Julio-2024
Presentación:	Envase de plástico	ID Muestra:	2024-LIMA-000463-003
Procedencia:	Suministrado por el Cliente.	ITS REF.:	PER/08168-24
Lugar de ensayo:	Laboratorio Caleb Brett		

Método/Versión	Ensayo	Resultado	Unidad
ASTM D93-20	Punto de Inflamación por Copa Cerrada Pensky-Martens		
	Punto de Inflamación Corregido	52.5	°C
	Procedimiento	C	
ASTM D445-23	Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos (y Cálculo de la Viscosidad Dinámica)		
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	4.734	cSt
ASTM D4052-22	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa y gravedad API de líquidos por medidor de densidad digital.		
	Densidad @ 15°C *	876.6	kg/m³

(a) Según lo indicado por el cliente

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Nota: Se filtro la muestra para los análisis.

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:
CARLOS ANTONIO
GONZALES YAPO
Fecha: 22/07/2024
15:15:02



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

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



INFORME DE ENSAYO N°: 01448H/24
No. Referencia Intertek: 2024-LIMA-000463

Cliente:	ROMERO MEDRANO RICHARD NIXON	Referencia del Cliente:	Correo electrónico
Contacto:	RICHARD NIXON ROMERO MEDRANO		
Dirección:	Calle las Brizas Mz B LTE 04 Pillco Marca, Huánuco, Huánuco		

Descripción de la Muestra:	(a) BIODIESEL	Fecha de recepción:	15-Julio-2024
Identificación:	P2-BP-2	Fecha inicio de análisis:	15-Julio-2024
Cantidad:	1.50 L	Fecha fin de análisis:	22-Julio-2024
Presentación:	Envase de plástico	ID Muestra:	2024-LIMA-000463-004
Procedencia:	Suministrado por el Cliente.	ITS REF.:	PER/08168-24
Lugar de ensayo:	Laboratorio Caleb Brett		

Método/Versión	Ensayo	Resultado	Unidad
ASTM D93-20	Punto de Inflamación por Copa Cerrada Pensky-Martens		
	Punto de Inflamación Corregido	48.5	°C
	Procedimiento	C	
ASTM D445-23	Viscosidad Cinemática de Líquidos Transparentes y Opacos (y Cálculo de la Viscosidad Dinámica)		
	Viscosidad Cinemática a 40 °C	4.638	cSt
ASTM D4052-22	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa y gravedad API de líquidos por medidor de densidad digital.		
	Densidad @ 15°C *	876.3	kg/m³

(a) Según lo indicado por el cliente

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Nota: Se filtro la muestra para los análisis.

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:
CARLOS ANTONIO
GONZALES YAPO
Fecha: 22/07/2024
15:15:03



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

ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO

Insumo del aceite residual doméstico utilizando el Método de Mike Pelly.



Insumo de alcohol metílico utilizando el Método de Mike Pelly.



Proceso de mezclar los insumos con agitador magnético – Obtención del biodiésel doméstico.



Proceso de Decantación para la obtención del biodiésel doméstico.



Proceso de Filtrado por Bomba al Vacío para la obtención del biodiésel doméstico.



Obtención de muestra de biodiésel doméstico.



Proceso de diluir el insumo pecuario.



Proceso de mezclar los insumos con agitador magnético – Obtención del biodiésel pecuario.



Proceso de Decantación para la obtención del biodiésel



Monitoreo del asesor en el procedimiento y la obtención de biodiésel



Proceso de Filtrado por Bomba al Vacío para la obtención del biodiésel pecuario.



Obtención de muestra de biodiésel pecuario.

