



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Revisión Sistemática de la Producción de Biodiesel a Partir de
Aceites y Grasas Residuales”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:

Loayza Astete, Yaquelin (ORCID: 0000-0002-2123-8419)

Quispe Olivera, Dina (ORCID: 0000-0003-3094-6254)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LINEA DE INVESTIGACION:

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Primeramente, agradecemos a Dios por darnos la fuerza, salud y bendicirnos con tantas oportunidades para poder lograr nuestros objetivos.

Esta tesis la dedicamos a nuestros padres y familiares en agradecimiento por los consejos y el apoyo incondicional durante toda nuestra carrera profesional, también la dedicamos a todas las personas que siempre creyeron en nosotras y nos brindaron su apoyo para seguir adelante.

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a Dios por permitirnos gozar de buena salud y protegernos del mal.

Agradecer a nuestros padres por su apoyo durante toda nuestra etapa universitaria, a nuestros familiares, amistades por compartir experiencias maravillosas, a nuestros docentes por guiarnos y brindarnos sus conocimientos para poder lograr nuestros objetivos, en especial agradecemos a la Doctora Rita Jaqueline Cabello Torres por todo el apoyo y paciencia brindado durante el periodo de elaboración y sustentación de la tesis y al Ing. Cesar Honores por su incansable gestión por hacer realidad este sueño de sacar nuestro título en esta prestigiosa universidad.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipos y diseño de investigación.....	32
3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	32
3.3 Escenario de investigación.....	35
3.4 Participantes.....	35
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.6 Procedimientos.....	35
3.7 Rigor científico.....	35
3.8 Método de análisis de datos.....	36
3.9 Aspectos éticos.....	36
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
IV. CONCLUSIONES.....	68
V. RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	70

ANEXOS.....	81
-------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1: ventajas y desventajas del biocombustibles	8
Tabla 2: Países productores del Biodiesel en el mundo	9
Tabla 3: datos físico-químicos del biodiesel y diésel	10
Tabla 4: comparación entre biodiesel y diésel.....	11
Tabla 5: Principales materias primas	13
Tabla 6: empresas dedicadas al reciclaje de aceites usados en el Perú	21
Tabla 7: propiedades fisicoquímicas para la evaluación de la calidad del biodiesel.....	22
Tabla 8: antecedentes de la elaboración del biodiesel	25
Tabla 9: Matriz de categoría apriorística	33
Tabla 10: Resultados de los tipos de aceites y grasas residuales utilizados como materia prima.	37
Tabla 11: resultados de las materias primas más usados con porcentajes	40
Tabla 12: procesos o métodos de para la producción de Biodiesel.....	42
Tabla 13: Condiciones de operaciones y procesos más utilizados en la producción del biodiesel.....	46
Tabla 14: calidad y cantidad de biodiesel.....	60

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo de proceso de biodiesel.....	20
Figura 2: grafico circular de materias prima más usado	40
Figura 3: grafico circular del tipo de procesos que más se emplearon en la producción del biodiesel.....	41
Figura 4: grafico circular sobre el tipo de catalizadores más usados.....	54
Figura 5: temperaturas consideradas en la producción del biodiesel	55
Figura 6: grafico circular de tipos de alcoholes que se utilizaron.....	56
Figura 7: grafico circular sobre el tiempo de reacción	57
Figura 8: grafico circular de velocidad de agitación.....	58
Figura 9: Grafico circular del rendimiento de biodiesel.....	67

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivos Analizar los aspectos más importantes durante la producción de biodiesel a partir de aceites residuales y grasas animales, se utilizó como técnica la recolección de información y el análisis documental, se consideraron 53 artículos científicos y 10 tesis tomando en consideración los criterios de inclusión los cuales fueron de antigüedad no menor de los 5 años. Como resultados se obtuvieron aceites y grasas residuales pueden ser aprovechadas como materia prima para la producción del biodiesel.

El método más utilizado fue la transesterificación. Las variables de operación más óptimas fueron: alcohol más usado: Metanol, por su fácil accesibilidad y bajo costo; los catalizadores más utilizados: KOH, NaOH; temperatura adecuada oscila entre 60 y 65 °C; tiempo de reacción 1 a 4 horas; velocidad de agitación más considerada 200 a 300 rpm. El biodiesel producido a partir de aceites usados de cocina, grasa de pollo, semillas de ricino cumplen con la mayoría de los parámetros evaluados con la norma ASTM D6751 y EN 14214 Norma Europea. El biodiesel obtenido por el 74% de las investigaciones revisadas tuvo un rendimiento de $\geq 90\%$ al $\leq 100\%$ debido a concentración de catalizador menor al 1% y mayor relación molar de metanol/aceite.

Palabras clave: aceites y grasas residuales, esterificación, transesterificación, biodiesel y biodiesel a partir de aceites residuales.

Abstract

This research aimed to analyze the most important aspects during the production of biodiesel from residual oils and animal fats, the collection of information and documentary analysis was used as a technique, 53 scientific articles and 10 theses were considered taking into account the criteria of inclusion which were not less than 5 years old. Residual oils and fats were obtained as results that can be used as raw material for the production of biodiesel.

The most used method was transesterification. The most optimal operating variables were: most used alcohol: Methanol, due to its easy accessibility and low cost; the most used catalysts: KOH, NaOH; suitable temperature ranges between 60 and 65 ° C; reaction time 1 to 4 hours; more considered stirring speed 200 to 300 rpm. The biodiesel produced from used cooking oils, chicken fat, castor beans meet most of the parameters evaluated with the ASTM D6751 and EN 14214 European Standard. The biodiesel obtained by 74% of the researches reviewed had a yield of $\geq 90\%$ to $\leq 100\%$ due to a catalyst concentration lower than 1% and a higher methanol / oil molar ratio.

Keywords: residual oils and fats, esterification, transesterification, biodiesel and biodiesel from waste oil,

I. INTRODUCCIÓN

El veloz avance de la globalización económica, la explosión demográfica y la industrialización nos llevan a un creciente consumo de los combustibles fósiles, lo que genera altas concentraciones de GEI (gases de efecto invernadero) y CO₂ (Dióxido de carbono) a la atmósfera provocando cambios en el clima del planeta, toda esta problemática promueve que algunos países busquen otras alternativas de combustibles para disminuir su dependencia de usar combustibles fósiles (HANG, y otros, 2020)

La contaminación del aire produce un aproximado de 3.7 millones de decesos por año a nivel mundial y el parque automotor contribuye significativamente a la contaminación en el sector urbano (ROMERO, y otros, 2019)

World Energy Outlook en su informe de 2016 manifiesta que entre el 2012 - 2040 se usará el 62% de combustibles fósiles dicho consumo provocaría la debilitación de estas reservas provocando un gran costo ambiental ya que la combustión de estos produce contaminantes como óxidos de nitrógeno, partículas y también GEIs (metano, CO₂,CO), Uno de las áreas que genera alrededor del 22% de emanación de GEIs es el transporte, no obstante en el 2020 durante la pandemia del Covid-19 se redujo significativamente el empleo de estos combustibles lo que generó el descenso en la contaminación ambiental , así mismo se cree que aumentará la demanda por fuentes de energía renovable (VIDIGAL, y otros, 2020)

En América Latina y el Caribe se observó que no hay mucho interés por participar en la reducción de emisiones contaminantes atmosféricas, frente a lo cual las estadísticas del 2012 indican: que nuestra región contribuyó con 3,130 000 Tm (tonelada métrica) de CO₂ que representan el 7% de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) totales exceptuando las emisiones por el cambio en el uso de los suelos. Dichas emisiones provienen en su mayoría de la utilización de los combustibles fósiles que son la energía primordial lo cual genera una incompatibilidad con un desarrollo sostenible (ONU, 2017)

La contaminación por parte del parque automotor es un problema latente en las ciudades que tienen un desarrollo veloz como es el caso del área Metropolitana

de Lima en Perú, actualmente no existe una información suficiente de los impactos que generan las emisiones de dicho sector en la contaminación atmosférica (ROMERO, y otros, 2019)

Los países de América Latina requieren mejorar a la brevedad posible su calidad y la eficiencia de los combustibles así mismo necesitan implementar normas para el ahorro de combustible y disminuir el uso de combustibles fósiles que impactarían en la reducción de la contaminación ambiental y mejorarían la salud de su población (VISCIDI, 2017) .

Con el objetivo de que América Latina y el Caribe alcancen a consumir la energía necesaria para su desarrollo y a la vez se puedan atenuar las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero), se hace indispensable reducir los gastos energéticos mediante la alta eficiencia energética y el uso de tecnologías limpias. Países como Brasil están realizando diversos estudios mediante los cuales se indica que el uso de energías renovables, contribuirían a la minimización del 13 % en el uso de energía (ONU, 2017)

El consumo desmedido de los combustibles fósiles, el decaimiento de las reservas de petróleo, generan una alta demanda de petrodiesel y en consecuencia un aumento en los costos del petróleo, razones por las cuales se requiere seguir con la investigación de un combustible alternativo derivado de la biomasa (SHARMA, KODGIRE, & SINGH, 2020)

La bioenergía es un prometedor candidato a la sustitución de combustibles fósiles de forma sostenible (DONG, y otros, 2015)

Ante esta problemática surgen diversas alternativas como los biocombustibles y entre ellos hablaremos del biodiesel que es considerado como una fuente esperanzadora para la producción de combustibles alternativos, esto gracias a sus propiedades limpias, biodegradables y renovables (WANG, YANG, & WANG, 2014)

El biodiesel aparece como una fuente de energía alternativa, es un éster metílico de ácidos grasos que se pueden obtener mediante el proceso de la esterificación o transesterificación de ácidos grasos en presencia de un catalizador ácido o básico y alcohol como metanol o etanol (RITESH., VIVEK, SUMEDH, ARUN, &

VIJAYANAND, 2018), es uno de los combustibles alternativos y viable para su uso en motores diesel convencionales (ATHAR & ZAIDI, 2020)

Los elementos más utilizados en la producción del biodiesel a través del tiempo fueron distintos tipos de aceite de semillas como la colza y girasol (Europa), soya (Estados Unidos), el coco (Filipinas) la palma (América) aunque muchas entidades ambientales se oponen al uso de aceites vegetales como el de la palma aceitera que genera impactos negativos en el ambiente pues su cultivo promueve la agricultura intensiva, el uso de abundante agua, erosión, usos de agroquímicos, etc. Razón por la cual se plantea el uso de elementos de segundo uso como los aceites usados para así descartar una mayor problemática alimentaria y así mismo impedir que dichos aceites terminen en las alcantarillas y contaminen aguas (MEDINA, OSPINO, & TEJADA, 2015)

La elaboración de un biocombustible a partir de aceites residuales como aceites de cocina y también de grasas animales como el aceite de pescado (SIMSEK, 2020), aceite microbiano (ATHAR & ZAIDI, 2020) sería el biodiesel (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019)

Un importante elemento de segundo uso son los aceites usados o WOC (Residuos de aceites de fritura) que son producidos durante la cocción de alimentos, contienen ácidos grasos, técnicamente es posible que se pueden utilizar como insumo en la producción de biodiesel HANG, Brandon, *et al.* (2020) El aceite usado de cocina es una conveniente materia prima barata y de fácil acceso, que no requiere procesos previos de extracción, este desecho en muchas ocasiones no es adecuadamente dispuesto y produce impactos ambientales negativos (VIDIGAL, y otros, 2020)

Estos aceites se consideran una alternativa interesante en la producción de biodiesel gracias a que su precio es muy bajo y su alta producción como residuo (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019). Además estos elementos podrían generar impactos negativos en el ambiente por ejemplo, arrojar

un litro de aceite en un cuerpo de agua contaminaría hasta 500.000 litros (VIDAL, QUINTERO, & HERRERA, 2016)

En este contexto resulta importante determinar las características del aceite que se utilizara en la producción de un biodiesel, porque las propiedades de este residuo varían por diversos factores como el modo de utilización, el uso en fritura continua o discontinua, el tiempo de fritura, tipo de alimentos que se frieron pues estos podrían ocasionar la formación de polímeros y dímeros, triglicéridos oxidados y ácidos grasos libre que afectarían el proceso de producción de biodiesel (HANG, y otros, 2020)

El proceso más usado para la producción de biodiesel es el de transesterificación, proceso que por lo general usa un catalizador básico pues acelera las reacciones para producción biodiesel de alta calidad, pero este catalizador solo puede reaccionar con un aceite bajo en ácidos grasos libres, de lo contrario dará como resultado la saponificación que a su vez generara un bajo rendimiento de esterres metílicos de ácidos grasos (HANG, y otros, 2020) En esta reacción, un aceite o grasa reacciona con un alcohol (metanol o etanol) con la adición de un catalizador este puede ser ácido, básico o enzimático, los Catalizadores alcalinos más usados son (KOH, NaOH o NaOCH₃) (CHING, y otros, 2020) y ácido sulfúrico (H₂SO₄), debido a su bajo costo, disponibilidad y su alta reacción ORTIZ, María del Consuelo, *et al* (2016)

En este proceso se necesita de un mol de triglicérido por tres moles de alcohol para la reacción, se usa más alcohol con el fin de obtener más biodiesel y facilitar la separación por fases, el alcohol más utilizado en este proceso es el metanol además del etanol que es un alcohol de cadena corta ORTIZ, María del Consuelo, *et al* (2016)

Las variables de las condiciones de operación de mayor importancia son la relación molar entre el alcohol y el aceite, temperatura, porcentaje de catalizador que va desde 0.25% – 6% en peso con relación al aceite (ORTIZ, y otros, 2016) Ahora bien la temperatura para el proceso de obtención de biodiesel es de 60°C, teniendo en cuenta que el punto de ebullición del metanol es 64°C (CARO, CASTELLANOS, ROMERO, & RUIZ, 2017).

El rendimiento generado durante la producción del biodiesel es una respuesta inconstante manifestada por la relación molar, a través de la cantidad de biodiesel producido y la cantidad de aceite utilizado CARO, Juan Luis, *et al.* (2017)

Frente a esta problemática mundial y nacional sobre el requerimiento de nuevas alternativas de combustibles, surgen propuestas a nivel mundial para la elaboración de biocombustibles sostenibles en el tiempo y económicos como el biodiesel, motivo por el cual se hace necesario actualizar la información, sobre la elaboración de biodiesel a partir de materias primas de segundo uso como los aceites reciclados y grasas de animales pues actualmente en el país dichos residuos son exportados al extranjero tal como se indica en la Resolución Directoral N° 0196-2019-MINAM/VMGA/DGRS mediante la cual se autorizó a la empresa RP AMBIENTAL S.A.C. para la exportación de 5000 t de aceite vegetal usado de cocina (UCO) y grasas de animales y/o vegetales, materia prima que bien podría servirnos para la producción de Biodiesel a gran escala en el país. En base a ello se plantean como problema general la siguiente pregunta ¿Cuáles son los aspectos más importantes de la producción de biodiesel a partir de aceites residuales y grasas animales? y como problemas específicos: ¿Qué tipo de aceites y grasas residuales se pueden convertir en materia prima para obtener el biodiesel?, ¿Qué tipo de procesos para la producción de biodiesel son usados a partir de aceites y grasas residuales?, ¿Cuáles son las variables de operación óptimas durante el proceso de producción de biodiesel?, ¿Cuál es el nivel de cantidad y la calidad de Biodiesel obtenido a partir de aceites y grasas residuales?,

Esta investigación se realizó con el fin de aportar un mayor conocimiento en el proceso de producción de biodiesel a partir de aceites usados. De modo que se promueva la producción de biodiesel en masa y así se podría contar con un combustible alternativo en el mercado que aparte de ser económico, también sea compatible con el medio ambiente, ya que se evitaría la alta generación de gases de efecto invernadero tales como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, así mismo se le daría un segundo uso a los residuos de aceites vegetales y animales que aunque no son considerados residuos peligrosos, generan un alto impacto en los cuerpos de agua y en los suelos.

Así mismo en esta investigación se planteó el siguiente objetivo general: “Evaluar los aspectos más importantes de la producción de biodiesel a partir de aceites residuales y grasas animales”, como objetivos específicos: Identificar los tipos de aceites y grasas residuales que pueden convertirse en materia prima para obtener el biodiesel, Analizar el tipo de procesos usados para la producción de biodiesel a partir de aceites y grasas residuales, Analizar las variables de operación óptimas durante el proceso de producción de biodiesel, Analizar el nivel de cantidad y la calidad de Biodiesel obtenido a partir de aceites y grasas residuales.

II. MARCO TEÓRICO

Ley N° 28054: ley de Promoción de Mercado de Biocombustibles. En el Perú, de acuerdo con la ley N°28054 “ley de promoción de Mercado de Biocombustibles”, cuyo objeto es fomentar las inversiones para la producción y comercialización de los biocombustibles, divulgando sus ventajas económicas, sociales y ambientales; así como también fortalece la estructura científica- tecnológica destinada a emprender investigaciones para el aprovechamiento de los biocombustibles e incentivar la comercialización de los biocombustibles.

El uso de los productos biodegradables es una fuente de combustible alternativo al uso de los combustibles fósiles (TORRESTIANA, TACIAS, & ROSALES, 2016). Las fuentes consumidores de combustibles fósiles generan emisiones de gases de efecto invernadero y esto hace que se retenga más calor e incrementando la temperatura del planeta, esto a su vez hace que se produzca problemas respiratorios en las personas y generan impactos negativos en el medio ambiente (MOHAMMAD, 2021)

Los biocombustibles. Son productos químicos obtenidos a partir de sustancias de origen agropecuario y agrario, que cumplen con las normas de calidad establecidas por la autoridades (TEQUEN, 2017)

El Bioetanol también llamado Etanol de Biomasa, es un alcohol producido a partir de residuos agrícolas y productos que contienen bastante azúcar (trigo, cebada, Caña de azúcar, cascarillas de cereales, frutas, hortalizas, etc) (DAVILA & CORTES, 2017) .

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIOCOMBUSTIBLE

Tabla 1: ventajas y desventajas del biocombustibles

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de energía alternativa • Reducción en la emisión de partículas de CO₂ • Costo de producción económico. • Amigable con el medio ambiente • Genera fuentes de trabajo • Fortalece la independencia tecnológica. • Es biodegradable • No toxico • Contribuye a la buena calidad de aire • Tiene grandes cualidades como lubricante y minimiza el desgaste del motor. • Mejor combustión • Su transporte y almacenamiento es mas fiable. • Por su altos puntos de inflamabilidad • Es menos irritante a la piel 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere de tratamientos previos al biodiesel antes de ser empleado. • Presenta problemas de fluidez a temperaturas menores a los 0°C y entorpece el arranque del motor • No se recomienda almacenarlo por periodos mayores a los 6 meses • En temperaturas muy bajas el biodiésel comienza a producir una forma tipo tapón cristalino en el filtro del motor.

Fuente: (LOAYZA & QUISPE, 2020) adaptado de: (DAVILA & CORTES, 2017)

Según D.S. N° 021-2007-EM del Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, indica que el Biodiesel es una cadena larga de ésteres monoalquílicos producto de recursos como aceites vegetales y grasas animales que puede ser usado en motores Diesel. Así mismo Rashid Nur Syawany, et al. (2017) Manifiesta que el estudio de la producción de biodiesel es muy importante para reducir nuestra dependencia del consumo de combustibles fósiles, además de que es un producto sostenible, biodegradable y respetuoso del medio ambiente pues produce menos emisiones de CO₂, el Biodiesel se puede producir mediante procesos de transesterificación o esterificación de aceites vegetales, aceites reusados y/o grasas de animales añadiendo un alcohol simple (metanol)

Así mismo según DÁVILA BARRERA, et al. (2017) Se puede obtener biodiesel a partir de grasas animales, aceites de micro algas, aceites de pescado pero lamentablemente este tipo de producciones aún no se dieron a gran escala, el Biodiesel se puede usar puro o mezclado en motores y calderas de calefacción.

Por lo común el nombre de biodiesel es asignado a los combustibles que se usan para motores diésel y técnicamente se le atribuye a aquellas cuya composición química la caracterizan (mono-alquil ésteres de ácidos grasos), su origen, sus características técnicas y su uso CARO, Juan Luis, *et al.* (2017)

El biodiesel es un conjunto de esteres monoalquílicos y cadenas largas de ácidos grasos que son el resultado de diferentes tipos de aceites y grasas (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019)

Actualmente el costo de producción del Biodiesel es mayor al de los combustibles fósiles que usan como elemento principal al petróleo, motivo por el cual se usan los aceites de cocina, aceites de vegetales no comestibles y grasas de animales que reduce los costos de producción (FADHIL, T.B., AL, & ALBADREE, 2017)

PAISES PRODUCTORES DE BIODIESEL EN EL MUNDO

Tabla 2: Países productores del Biodiesel en el mundo

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIODIESEL Y PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES (en millones de toneladas)						
	PAIS	2014 (Estimado)	2013	2012	2011	2010
1	USA	4,30	4,53	3,30	3,22	1,14
2°	INDONESIA	3,80	2,63	1,99	1,38	0,68
3°	BRASIL	3,00	2,56	2,39	2,35	2,10
4°	ALEMANIA	2,75	2,70	2,63	2,79	2,80
5°	ARGENTINA	2,05	2,00	2,45	2,43	1,82
6°	TAILANDIA	1,00	0,95	0,92	0,79	0,65
7°	HOLANDA	1,00	0,98	0,80	0,48	0,36

Fuente: (DE LA CRUZ & TRUJILLO, 2017)

Esta tabla nos permite observar como la producción de Biodiesel se ha ido incrementando desde el año 2010 y también nos permite conocer como países

desarrollados como EE.UU., Indonesia y Brasil un país latinoamericano se ha preocupado por producir biocombustibles alternativos.

Los aceites vegetales contienen pequeñas cantidades de azufre y tienen bastante cantidad de oxígeno en su formación y por tanto tienen mayor eficacia durante la combustión y emiten menos contaminantes también tienen mayores puntos de inflamación, características que lo hacen un insumo importante para la elaboración de biodiesel (SIMSEK, 2020).

Tabla 3: datos físico-químicos del biodiesel y diésel

Datos físico-químicos	biodiesel	Diésel
Composición combustible	Ester metílico Ácidos grasos	Hidrocarburo C10- C21
Poder calorífico inferior, Kcal/kg(aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática, cSt (a 40°C)	3.5-5.0	3.0-4.5
Peso específico, g/cm ³	0.875-0.900	0.85
Azufre, % P	0	0.2
Punto de ebullición, °C	190-340	180-335
Punto de inflamación, °C	120-170	60-80
Punto de escurrimiento, °C	-15/+16	-45/-15
Numero cetano	48-60	46
Relación estequiometrica Aire/comb.p/p	13.8	15

Fuente: (LOAYZA & QUISPE, 2020) adaptado de: (CARO, CASTELLANOS, ROMERO, & RUIZ, 2017)

La tabla nos presenta un análisis sobre la diferencias entre el Biodiesel y el Diesel, así mismo observaremos que el valor del índice de cetanos del Biodiesel es mayor lo cual nos indica que es un combustible de alta calidad pues la ignición es más rápida (TEQUEN, 2017)

Tabla 4: comparación entre biodiesel y diésel

COMPARACIÓN ENTRE BIODIESEL Y DIESEL	
BIODIESEL	DIESEL
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los aceites y grasas están compuestos por los triglicéridos, los cuales tienen su origen en los ácidos grasos saturados como insaturados. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El diésel está compuesto está compuesto por parafinicos, aromático y naftalenicos.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El elevado poder lubricante reduce los ruidos y fricción y esta manera se protege el motor y también se disminuye los gastos de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La viscosidad del gasoil es menor, por lo tanto en el gasoil se pueden producir ciertos inconvenientes como perdida de flujo por los filtros inyectores lo cual no se da en el diésel.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es un combustible biodegradable. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es un combustible que se degrada con el pasar del tiempo.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El empleo de biodiesel disminuirá la dependencia energética del exterior, y esto implica una mejora para los compradores y para la economía en lo general. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Incertidumbre que se da por las variaciones constantes en los precios de los combustibles fósiles.

FUENTE: elaboración propia, adaptado de: (ALVA & CIPRA, 2015)

El biodiesel por lo común tiene un poder calorífico menor al diesel (7.795 kcal/lt vs 8.74 kcal/lt), su viscosidad cinemática generalmente está entre 1.9 y 6.0 cSt, a pesar de que este parámetro difiere sustancialmente del diesel (3-4.5 cSt), su densidad es aproximadamente de 878 kg/m³ a una temperatura de 15°C y su punto de inflamación es de los 130°C, en cambio el punto de inflamación de gasoil es de 60 a 80°C de temperatura, esto hace que sea más seguro al biocombustible, demorando así la auto ignición del combustible al inyectarse al motor, que disminuye el peligro de que se produzca un incendio mientras se maneja (CARO, CASTELLANOS, ROMERO, & RUIZ, 2017)

De acuerdo con ABDELRAHMAN, *et al.* (2017) Para la producción de biodiesel utilizó una mezcla de aceite de 100 g el cual puso en un matraz, el cual estuvo dotado con un agitador mecánico, un termostato y un condensador, además de una proporción de metílico. Seguidamente se agregó una solución de NaOH, KOH o CH₃NA a la preparación del aceite, esta mezcla se calentó mientras se agitaba a 600 rpm durante un tiempo determinado. Luego de realizaba la reacción, esta

mezcla se colocó en un embudo de separación y se dejó durante toda la noche obteniéndose una capa inferior (glicerina) el cual se desechó y la una capa superior (esteres metílicos), el cual se destilo al vacío utilizando un evaporador rotatorio, luego se hizo un lavada con agua destilada para eliminar cualquier turbiedad. Para evaluar la calidad del biodiesel en cuanto a la cantidad de Esteres se utilizó el método de cromatografía en columna y para evaluar el rendimiento se usaron los siguientes normas de la ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) para la viscosidad cinemática (D 445), para el punto de inflamación (D93), para el valor de saponificación (ASTM D5555-95), para el índice de refracción (D1747 - 09), la nube y los puntos de fluidez (ASTM D 2500) y el índice de acidez (ASTM D664)

En este párrafo se explica otro proceso para la obtención del biodiesel a partir de aceite de fritura el cual se realizó de la siguiente manera: Se hicieron 2 pruebas para las siguientes temperaturas : 50°C, 55°C y 60°C; Se usó 1 litro de aceite, metano, 15% correspondiente a 150 ml de la cantidad de aceites y 1% que sería 10 ml de KOH, luego se procedió a la decantación para retirar la glicerina, seguidamente se analizó la calidad del biodiesel obtenido en un laboratorio en donde se consideraron los siguientes parámetros La densidad, apariencia, Viscosidad a 40°C, Punto de inflamación, % de Agua y T.A.N.. (DAVILA & CORTES, 2017)

Las materias primas. Las que son más usadas para la obtención de biodiesel deben contener elevado índice de triglicéridos, como: aceite de girasol, colza, soja, aceite de frituras usados, sebo.

Los aceites que se utilizan como insumo para la elaboración de biodiesel pueden ser nuevos, de grasas de animales, o también pueden ser aceites de frituras usado, pero por lo general se usa con más frecuencia los aceites nuevos primordialmente los de soja, girasol y los aceites de frituras (TEQUEN, 2017)

Principales materias primas utilizadas para la producción del biodiesel

Tabla 5: Principales materias primas

Aceites vegetales convencionales	<i>girasol</i>
	<i>colza</i>
	<i>soja</i>
	<i>maní</i>
	<i>palma</i>
	<i>coco</i>
Aceites vegetales alternativos	<i>crambe abyssinica</i>
	<i>Camelina sativa</i>
	<i>Cynara cundunculus</i>
	<i>Brassica carint</i>
	<i>Pogianus</i>
	<i>Jatropha curcas</i>
Aceite de semillas alteradas genéticamente	<i>girasol de alto oleico</i>
Grasas animales	<i>Sebo de cerdo</i>
	<i>Sebo de vaca</i>
	<i>Sebo de búfalo</i>
	<i>Grasa de pollo</i>
	<i>Grasa de pescado</i>
Aceites usados
Aceites de otras fuentes	<i>microalgas</i>
	<i>Producciones microbianas</i>

Fuente: (LOAYZA & QUISPE, 2020) adaptado de: (MARTINEZ, 2019)

Los aceites limpios de origen vegetal (soya, canola, girasol, etc) y los aceites residuales y grasas de animales, los cuales tienen ciertos inconvenientes como el elevado costo de manufactura el cual se da por el alto costo de los aceites de origen vegetal. Otra de las materias primas más importantes para la elaboración de biodiesel son los aceites vegetal usados por ser baratas, y que el aprovechamiento del aceite residual que es un producto contaminante promueve a la reducción de los impactos negativos en el ambiente (OSORIO-CANUL, GARCÍA-MAGALLANES, HERRERA-LUGO, & NOVELO-MOO, 2019)

Los aceites usados de fritura o también llamados WFO pueden servir como materia prima económica para la elaboración de biodiesel aparte de que su uso es un tipo de reciclado ambientalmente adecuado, sin embargo el alto contenido de

ácidos grasos libres y de agua disminuye en el rendimiento durante la producción de biodiesel (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019)

La Calidad de Aceite está determinado por estos indicadores: El índice de Acidez es importante pues si los ácidos grasos son menores al 3% se utilizara un catalizador básico (KOH o NaOH) de lo contrario primero se realizara un proceso de esterificación utilizando un catalizador ácido seguidamente del proceso de transesterificación, de igual manera la humedad de aceite se refiere a la cantidad de agua que existe en la materia prima, una excesiva humedad generaría la producción de jabones pues durante el proceso de transesterificación podría ocasionar una saponificación de los ésteres y agotar el catalizador, disminuyendo la eficiencia, el porcentaje óptimo debe mantenerse en 0.06 % (AYALA, 2017)

Los productos para el tratamiento se seleccionan según el pH del aceite, en este estudio la muestra tuvo un Ph de 5.8 y para subir el pH se utilizó un catalizador alcalino (NaOH) , así mismo la densidad(cantidad de masa en un cuerpo) y viscosidad (capacidad de fluir) son dos atributos importantes de igual manera la pureza del aceite que se evidencia en el índice de refracción (RAMIREZ, 2018)

Así mismo para la elaboración de biodiesel es importante considerar los catalizadores y estos pueden ser ácidos homogéneos como: H₂SO₄, HCL, etc. También están los ácidos heterogéneos entre los que mencionaremos a las Zeolitas, resinas sulfónicas, etc, básicos heterogéneos (NaOH, KOH) también están los enzimáticos (Candida Penicillium, Pseudomonas), de entre todos, los más usados son los catalizadores enzimáticos homogéneos básicos, por su acción rápida y porque reacciona muy bien en aceites reusados que presentan una gran cantidad de ácidos grasos mucha humedad, además que se pueden reutilizar que favorece en la reducción de costos (TEQUEN, 2017)

Otro insumo necesario es el alcohol (metanol o etanol) el más fácil de adquirir es el metanol y es el más utilizado sobre todo con aceites reusados (TEQUEN, 2017)

Para la producción de Biodiesel existen diversos métodos. Mencionaremos a los más usados.

Microemulsión de aceites vegetales es un sistema esparcido que puede o no contener emulsificante en pequeñas cantidades , en este proceso se usan alcoholes (etanol o metanol) que son de cadena corta y sirven como emulsificantes para reducir la viscosidad de los aceites; (OSORIO, 2018)

Pirólisis por craqueo catalítico, es un proceso que se da a través del abastecimiento de calor a un determinado material en presencia de un catalizador, en dicha combustión se elimina el aire y oxígeno para generar el fraccionamiento de la materia que a su vez es adsorbida por el catalizador (OSORIO, 2018).

Transesterificación de grasas y aceites, es el proceso más utilizado en la producción de Biodiesel, en este proceso se produce una reacción química entre los triglicéridos del aceite y un alcohol con la presencia de un catalizador ácido o alcalino, el alcohol más utilizado es el metanol porque es económico, produce esteres metílicos de ácidos grasos que son llamados FAME(fatty acid methyl ester) (OSORIO, 2018).

También tenemos métodos catalíticos de transesterificación como el método de Transesterificación por catálisis ácida: en dicho proceso se revuelve el catalizador (H_2SO_4 Y HCL) utilizando un reactor para juntarlo con el alcohol, en dicho proceso se liberan esteres metílicos a través de una reacción lenta, para liberar más esteres se sugiere usar un mayor porcentaje de alcohol (OSORIO, 2018).

A continuación también mencionaremos el método de Transesterificación por catálisis alcalina: que usa como catalizador KOH o $NaOH$, para dicho proceso se sugiere realizar la esterificación para calcular los ácidos grasos libres en la materia prima, para lo cual se podría utilizar el gel de sílice como absorbente para aminorar la presencia de ácidos grasos y el índice de peróxido (OSORIO, 2018).

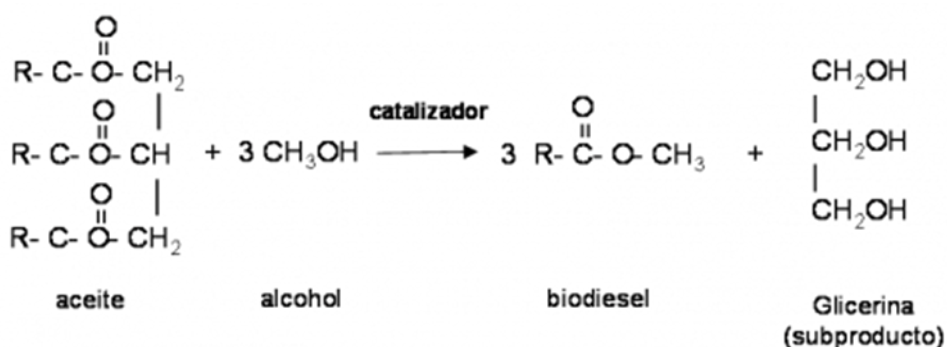
Finalmente se tiene el Método de Transesterificación por catálisis enzimática: método que tiene pocos estudios y su objetivo es mejorar la reacción (temperatura, pH, disolventes, microorganismos) (OSORIO, 2018)

Sin embargo vamos a ampliar nuestra información sobre el proceso transesterificación pues como ya lo mencionamos es uno de los más utilizados para la producción de biodiesel, dicho proceso se realiza mediante un intercambio

de la glicerina por un grupo alquilo de un alcohol (metanol o etanol), en una molécula de un triglicérido, este proceso se realiza en asistencia de un catalizador que puede ser ácido o básico (FADHIL, T.B., AL, & ALBADREE, 2017)

La principal reacción química para la obtención del biodiesel es la transesterificación mediante el cual los triglicéridos se convierten en alquiesteres mediante el uso del alcohol de cadena corta y con la adición de catalizadores en su mayoría se usa el hidróxido de potasio y de sodio debido a su mayor proporción de velocidad de reacción y finalmente se produce el subproducto que es la glicerina (MEDINA, OSPINO, & TEJADA, 2015)

Reacción de transesterificación



La transesterificación de los residuos de aceite resulta un poco difícil pues al ser un residuo se tiene que primero desactivar las enzimas, Los líquidos iónicos pueden usarse como catalizadores que pueden afectar la transesterificación y esterificación (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019)

La transesterificación es un método mediante el cual se procede de la siguiente forma: utilizar un reactor de vidrio (100 ml) con 2 boquillas una para el ingreso de la mezcla del alcohol y el catalizador y la otra que esté conectada al condensador, la agitación se realiza con una barra magnética a una velocidad de 200 rpm, durante 2 horas aproximadamente y a una temperatura de 60°C, luego se toma una muestra para la cromatografía de gases, así mismo se define el rendimiento según la relación entre el biodiesel obtenido y la cantidad de aceite utilizado LOPEZ, BOCANEGRA & ROMERO (2015).

La transesterificación en presencia de catalizadores alcalinos como NaOH y KOH es más económico porque es 4000 veces más veloz que en asistencia de catalizadores ácidos FOROUTAN, Rauf, *et al.* (2020).

Dentro de las condiciones de Operación para la producción de Biodiesel se debe tomar en cuenta los catalizadores que generalmente son utilizados en el proceso de transesterificación, estos son: el hidróxido de potasio (KOH) y el hidróxido de sodio (NaOH), la razón por la que se escogieron estos catalizadores homogéneos se debe al tiempo de reacción, la temperatura y la cantidad de alcohol que se emplea son menores en comparación con diferentes tipo de catalizadores CARO, Juan Luis, *et al.* (2017)

Para la producción de Biodiesel se puede usar un ácido como catalizador para reducir la acidez del aceite y luego utilizar un catalizador básico para completar la reacción, ambos catalizadores se utilizan debido a la alta reactividad con la alta acidez de los aceites ya sea como un pre tratamiento o para la reducción de la acidez del aceite MARCHINI, Jhessica, *et al.* (2019)

De acuerdo con ABDELRAHMAN B. Fadhil, *et al.* (2017) Para la producción de biodiesel utilizo una mezcla de aceite de 100 g el cual puso en un matraz, el cual estuvo dotado con un agitador mecánico, un termostato y un condensador, además de una proporción de metílico. Seguidamente se agregó una solución de NaOH, KOH o CH₃NA a la preparación del aceite, esta mezcla se calentó mientras se agitaba a 600 rpm durante un tiempo determinado. Luego de realizaba la reacción, esta mezcla se colocó en un embudo de separación y se dejó durante toda la noche obteniéndose una capa inferior (glicerina) el cual se desechó y la una capa superior (ésteres metílicos), el cual se destilo al vacío utilizando un evaporador rotatorio, luego se hizo un lavada con agua destilada para eliminar cualquier turbiedad. Para evaluar la calidad del biodiesel en cuanto a la cantidad de Esteres se utilizó el método de cromatografía en columna y para evaluar el rendimiento se usaron las siguientes normas de la ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) para la viscosidad cinemática (D 445), para el punto de inflamación (D93), para el valor de saponificación (ASTM D5555-95), para el índice de refracción (D1747 - 09), la nube y los puntos de fluidez (ASTM D 2500) y el índice de acidez (ASTM D664)

El aceite usado es expuesto a una temperatura que puede ir de 160 a 190 °C por tiempos relativamente prolongados, esta situación afecta la composición química de los aceites; los cambios que se dan son: termolíticos, hidrolíticos y oxidativos todos estos cambios también dependen del tipo y material del recipiente en el que se hizo la cocción además del oxígeno y calor. Así mismo las sustancias que se producen durante este proceso son ácidos grasos libres, monómeros, dímeros, polímeros oxidativos, trímeros, epóxidos, componentes volátiles, glicerol, etc. Y los cambios físicos que se presentan son alteración del color, incremento de viscosidad,, tensión superficial,, formación de espuma (VILLABONA, IRIARTE, & TEJADA, 2017)

En un estudio se utilizó un método en dos pasos con catalizadores sólidos y básicos de compuestos inorgánicos que tuvieron un costo económico y de alta eficiencia catalítica durante el proceso, se utilizó el catalizador solido acido en una concentración de 1.5 al 4 % junto con los residuos de aceite de fritura y metanol con un tiempo de reacción que oscilo entre las 2 a 5 horas a una temperatura de 60 a 80°C y así reducir el índice de acidez del aceite. Luego se juntó la parte aceitosa y se utilizó un sólido básico como catalizador para una nueva reacción también se usó en una concentración de 1.5 al 4% esta última reacción duro entre 1.5 a 2.5 horas a una temperatura de 60 a 80 °C (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019)

Un aceite usado de la cocina primero requiere ser filtrado al vacío usando un papel filtro (apartar los residuos sólidos), para lo cual primero se calienta el aceite a 80°C y si el aceite es bajo en índice de acidez no se necesita disminuir los ácidos libres por lo cual no es necesario realizar una reacción de esterificación (LOPEZ & BOCANEGRA, 2015)

En caso de que el índice de acidez sea menor al 3% no se requiere realizar una esterificación del aceite (AYALA, 2017). Según ALVA y CIPRA, (2015) el proceso de transesterificación por lo general se realiza a una temperatura de 60 ° C que coincide con el punto de ebullición de los alcoholes.

Para que el proceso de transesterificación se lleve a cabo se necesitan altas temperaturas, pues este proceso es de tipo endotérmico pues a mayor temperatura

se genera mayor choque entre los reactivos y la celeridad de respuesta aumenta. Un dato importante a tomar en cuenta es que realizar este proceso con temperaturas mayores a los 65°C puede originar un efecto negativo en la producción del FAME o Biodiesel pues a temperaturas superiores el metanol comienza a volatilizarse, su polaridad se modifica y por consiguiente el número de los iones de metóxido se reduce (KANT, y otros, 2020)

Después de realizar la transesterificación se da la separación espontánea de fases debido a su inmiscibilidad. Las fases que se separan son el glicerol que es la fase inferior que debe ser retirado y se puede realizar por simple decantación o centrifugado y los metil ésteres que es la fase superior son los residuos que quedan (TORRES, 2015)

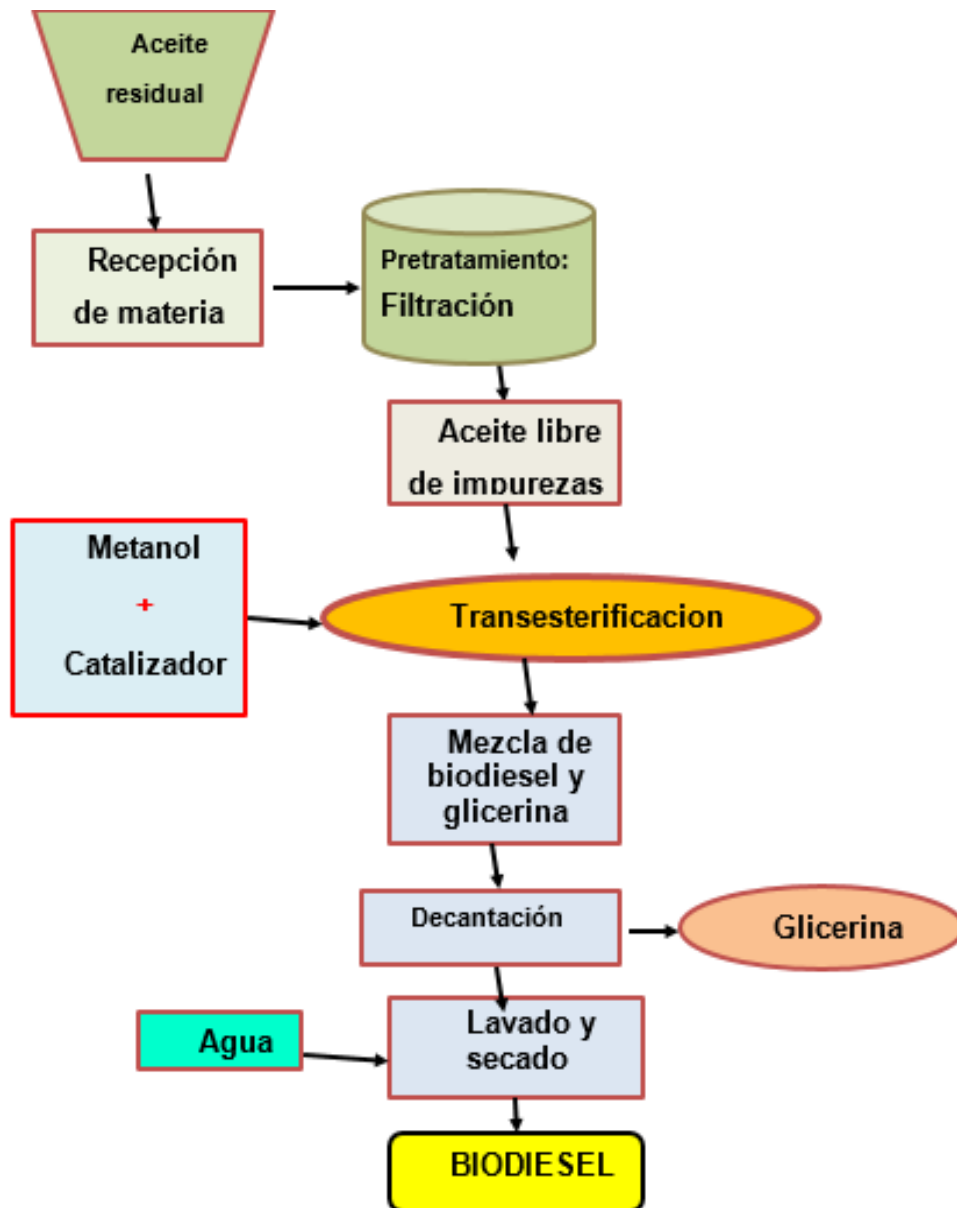
Cuando ya se obtuvo el Biodiesel se requiere realizar un lavado ya que este puede tener residuos del catalizador, metanol y otros, para este procedimiento se requiere primero lavar el biodiesel con agua y ácido acético, agitándolo por unos minutos, luego se deja descansar hasta que el biodiesel y el agua que queda se separaren, el resto de lavados se hace con agua destilada a una temperatura de 45 °C dejando que descansa la mezcla por un tiempo de 1 hora en cada lavado, esta secuencia se ejecuta hasta que el pH sea casi neutro (AYALA, 2017)

El lavado niebla es un proceso a través del cual unas pequeñas gotas de rocío sobre el biodiesel limpian las impurezas, luego tenemos el lavado con burbujas, que consiste en retirar las impurezas mediante burbujas de aire, y finalmente mencionaremos al lavado por agitación que radica en añadir 1.3 el volumen de agua por el volumen del biodiesel y mediante la agitación el agua apartara el alcohol e impurezas que será extraída por decantación, este es un método más fácil, seguro y eficiente, TEQUEN, Edgar (2017).

Otro proceso importante en la elaboración de Biodiesel es el secado; en esta parte se elimina el exceso de agua mediante el uso de un compresor de aire, este proceso es importante para reducir restos de agua que podría dañar el proceso de combustión y la proceso de combustión, TEQUEN, Edgar (2017).

En el siguiente diagrama observaremos los pasos que requieren realizar para la obtención de biodiesel a partir de materias primas de segundo uso, como los aceites reusados y grasas de animales.

Figura 1: Diagrama de flujo de proceso de biodiesel



Fuente: (LOAYZA & QUISPE, 2020) adaptado de (CAMPOS, DELGADO, ESQUIVEL, SAMAME, & SIRLUPU, 2017)

Tabla 6: empresas dedicadas al reciclaje de aceites usados en el Perú

Empresas dedicadas al reciclaje de aceite en el Perú	
BiOils del Perú SA	Empresa líder en Latinoamérica en materia al reciclaje de aceites usados para su conversión en materia prima para la industria química. Tiene presencia en países como Argentina, Chile, Ecuador y Perú.
CILSA – Compañía Industrial Lima S.A	Empresa peruana con más de 50 años de experiencia en el sector, enfocada en el estudio, transporte y tratamiento de residuos que puedan ser reciclados y reutilizados, entre ellos el aceite de cocina, el cual puede ser convertido en biodiesel.
Empresas dedicadas a la recolección de aceite	
Perú Ambiental SAC	Empresa peruana fundada en 2008, dedicada a la recolección tanto de desechos peligrosos como no peligrosos, entre éstos el aceite residual utilizado por las empresas peruanas.
Green Care del Perú SAC	Empresa fundada en 1997, cuenta con 20 años de experiencia en la recolección, transporte, tratamiento, comercialización y disposición final de residuos sólidos y líquidos, peligrosos y no peligrosos. Actualmente presta servicios de gestión de residuos.
AMPCO Perú	Empresa dedicada a la disposición, transporte y control de residuos peligrosos, aceites usados y combustibles contaminados. Protagonistas principales en el sector de residuos sólidos peligrosos, trabajando con las principales empresas mineras del país, así como el sector automotriz, industrial y pesquero

Fuente: (DELGADO, ESQUIVEL, SAMAME, & SIRLUPU, 2017)

Esta tabla nos permite conocer que empresas en nuestro país se dedican al recojo y reciclaje de aceites usados, dicha información nos puede dar más alcances sobre el volumen de aceite usado que se produce en el país.

La Calidad y Rendimiento del Biodiesel. Es un indicador muy importante para nuestro estudio de investigación.

Las propiedades más notables que se deben considerar, son: la densidad, el poder calorífico y el índice de cetanos que nos ayuda a verificar el desempeño el combustible TEQUEN, Edgar (2017).

El biodiesel como producto también debe responder a ciertos estándares de calidad, estándares que se muestran en normas como D-6751 de ASTM (Sociedad Americana para pruebas y materiales) y la EN 14214 Norma Europea.

Tabla 7: propiedades fisicoquímicas para la evaluación de la calidad del biodiesel

PROPIEDADES	UNIDADES	ASTM - D6751	EN 14214
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	1.9–6.0	3.50-5.00
Densidad a 15 °C	kg/m ³	860-894	860-900
Punto de inflamabilidad	°C	>120	>120
Contenido de humedad	%	<0.05	<0.05
Número de cetano	-----	48-60	>51
Índice de acidez	mgKOH/g	≤0.5	≤0.5
Punto de nube	°C	-3 a -12	-----
Corrosión	h	3	-----
Estabilidad oxidativa 110 °C	h	≥ 3	-----
Glicerina libre	m/m	≤ 0.20%	-----
Glicerina total	m/m	≤ 0.25%	-----
Cantidad de fósforo	m/m	≤ 0.001%	

Fuente: (LOAYZA & QUISPE, 2020) adaptado de (MARCHINI, TELEKEN, DE CINQUE, & DA SILVAC, 2019) y (ULLAH, y otros, 2017)

Para identificar si la calidad del biodiesel es buena, primero se debe considerar: El índice de acidez, pues un valor mayor genera la acumulación en el sistema de combustible y por tanto una menor vida útil de bombas, Según la ASTM D664 tiene

un valor de 0,5 mgKOH/g Máximo. Otro indicador es la claridad del biodiesel porque nos indica que este biocombustible no va a causar alteraciones en los motores. La Densidad como indicador tiene la posibilidad de generar alteraciones en el sistema de inyección de los motores por ejemplo si la densidad es menor podría generar inconvenientes. De acuerdo a la norma ASTM D1298 los límites establecidos deben estar entre (0,860 – 0,900) g/ml. La viscosidad del Biodiesel puede ocasionar una combustión incompleta lo que generaría mayores emisiones de humo, y la formación de depósitos en el sistema de inyección de combustible. De acuerdo a la norma ASTM D445 el valor se debe encontrar entre 1,9 - 6 mm²/s. Otro indicador es la humedad, el agua en el biodiesel puede generar corrosión e incentivar el desarrollo de microorganismos. Los sedimentos también pueden ocasionar problemas de taponamiento de filtro de inyectores. De acuerdo a la Norma ASTM D95 tiene un valor de 0.05 % Máximo (AYALA, 2017).

Un factor relevante en el rendimiento del combustible en un motor es la viscosidad del biodiesel, debido a que como las viscosidades bajas y las altas pueden influir negativamente en el rendimiento del motor, ya que los líquidos de baja viscosidad no suministran suficiente lubricación para el ajuste de las bombas de inyección de combustible y esto hace que haya aumento del desgaste por fricción, por otro lado los líquidos de combustible de alta viscosidad producen formación de grandes gotas en la inyección, mala combustión e incremento de las emisiones de escape (YASSIN, y otros, 2015)

El pH obtenido en la producción del biodiesel es un indicador de la calidad de limpieza pues si el rango es mucho menor o mayor que 7 afecta en la efectividad del biodiesel, por otra parte la densidad del biodiesel obtenido depende de los materiales utilizados en su producción, al evaluar esta propiedad podemos definir la calidad del biodiesel (RAMIREZ, 2018)

Uno de los factores fundamentales que tiene efecto en el rendimiento del biodiesel, la eficiencia de conversión y el costo de obtención del biodiesel es la proporción molar de alcohol a aceite. Asimismo, el incremento de la cantidad de alcohol en aceite incrementa en la pureza y el rendimiento del biodiesel (ATADASHI, 2016)

El rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del biodiesel varían de acuerdo a la materia prima que se utiliza para la producción del biodiesel. La variable que tiene más efecto en el rendimiento del biodiesel es la concentración de catalizador la cual al pasar de 0.5 a 1.5% afecta negativamente, seguido de la relación molar metanol/aceite que por el incremento hace que se formen emulsiones en medio por consiguiente presenta desventajas en el rendimiento (ABUNDO, 2017)

Antecedentes de la elaboración de biodiesel

Tabla 8: antecedentes de la elaboración del biodiesel

MATERIA PRIMA	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA	MÉTODO	CONDICIONES OPERATIVAS	RENDIMIENTO DE BODIESEL	FUENTE
Aceite usado de cocina	No menciona.	Transesterificación	-Relación molar metanol, /aceite= 1:12 -Catalizador (NaOH) al 1% -catalizador (KOH) al 1% -T°= 60°C -velocidad de agitación= 300rpm -Tiempo de reacción=1.50 h	Rendimiento(NaOH)= 86.046± 0.641% Rendimiento(KOH)= 98.4%	CARO, <i>et al</i> (2017)
Aceite vegetal usado	-Densidad a 20°C 0,921 g/ml 0,96 g/ml ASTM-D1298 -Viscosidad cinemática a 40 °C 131,5934 mm ² /s 50 mm ² /s ASTM-D445	Transesterificación	-Catalizadores (NAOH /KOH) 1% T°= 60 °C. -velocidad de agitación= 900rpm Tiempo de reacción: 60 min	Rendimiento de 86.3%	LOPEZ Y BOCANEGRA (2015)

	-Índice de acidez (mg KOH/g) 0,824 1,24 -Porcentaje de acidez (%)		-Relación molar alcohol: aceite fue: 12:1		
Aceite vegetal usado	No menciona	CaO@MgO nanocatalyst	-Tiempo de reacción: 7.8 h -T° 69,37°C -Relación metanol aceite 16,7:1 -Concentración del catalizador = 4,571%	Rendimiento = (98,37%)	FOROUTAN, <i>et al</i> (2020)
Aceite usado de soja	No menciona	Transesterificación	-T° = 65°C -Tiempo de reacción= 3h -Catalizador KOH al 8% -Relación metanol aceite=11/1	Rendimiento 96%	WEN, <i>et al</i> (2020)
Semilla de Ricinus	Color Amarillo pálido pH 5.8 Temperatura 23.9°C Densidad	Transesterificación	-Relacion aceite de ricinus 500ml/ 130 ml de alcohol -Catalizador NaOH 2.56 gramos	Rendimiento 87.47 %.	RAMIREZ, Wilmer (2018)

	0.92g/cm ³ Viscosidad 107.3 Temperatura 22.6 °C % 22 Rpm 150 rpm Índice de refracción 13.º brix Conversión 1.34 Temperatura 24.2°C		- T°C 23.1°C		
Grasa de pollo y cerdo	Aceite de Sus scrofa domesticus (Cerdo) Color:Dorado pH 7.1 T° 25.5 °C Densidad 0.90 g/cm ³ Viscosidad 60.2 mm ² /s Índice de refracción Conversión 70 ° brix 1.46	Transesterificacion	-Alcohol 200 ml/ NaOH 2g -500 ml aceite de cerdo	Rendimiento :96,6%	SUAREZ, Walter (2019)
	Aceite de Gallus gallus domesticus (pollo) Color:Amarillo pH 7.3	transesterificacion	-500 ml aceite de pollo -200ml de acohol -2g de NaOH (catalizador)	Rendimiento con porcentajes 97,8%	

	<p>T° 25.2 °C</p> <p>Densidad 0.92 g/cm³</p> <p>Viscosidad 60.5 mm²/s</p> <p>Índice de refracción</p> <p>Conversión 70.9°brix 1.46</p>				
Aceite residual	Un pH de 6, una densidad de 831.3 y una viscosidad de 2.0.	Transesterificación	<p>T° 50°C</p> <p>Tiempo de reacción 4 h</p> <p>Catalizador (0.1 g)NaOH 1%</p>	Rendimiento de un 98%.	(CAMPOS, DELGADO, ESQUIVEL, SAMAME, & SIRLUPU, 2017)
Aceites de fritura	No menciona	Transesterificación	<p>-Tiempo de reacción 60 min</p> <p>-Catalizadores KOH CaO 1%</p> <p>- Etanol</p>	Rendimiento: 76.67%	TEQUEN, Edgar (2017)
Aceite extraído de la grasa de pollo	<p>Densidad del aceite 0.9166 g/ml.</p> <p>Humedad (%) 0.1532 %.</p> <p>Índice de acidez 1,2404 mg KOH/g</p>	Transesterificación	<p>-Relación molar metanol y grasa de pollo 6:1</p> <p>-Catalizador 1% KOH</p> <p>-T° 50°C</p> <p>-Tiempo de reacción 2h</p> <p>-Velocidad de agitación 400 rpm.</p>	Rendimiento promedio 91.68%.	AYALA, Yudyt (2017)

Aceite de ricino , aceite residual de pescado	<p>ACEITE DE RICINO</p> <p>-Densidad a 15,5 g / ml 0,9983</p> <p>-Viscosidad cinemática a 40 ° C mm² / s 205,11</p> <p>-Punto de inflamación ° C 244</p> <p>-Índice de acidez mg KOH / g aceite 0,70</p> <p>-Índice de refracción a 20 ° C 1.4770</p> <p>-Punto de fluidez ° C <-10</p>	transesterificación	<p>-Catalizador KOH 0.50%</p> <p>-Relación molar de aceite y metanol fue de 8:1</p> <p>-Combinación optima 50 % de aceite de ricino y aceite residual de pescado</p> <p>-T° 32°C</p> <p>-Tiempo de reacción 30 min</p> <p>-Velocidad de agitación 600 rpm</p>	Rendimiento de 92.20 +- 2.5 % p/p	FADHIL, et al (2017)
	<p>ACEITE RESIDUAL DE PESCADO</p> <p>-Densidad a 15,5 g / ml 0,9190</p> <p>-Viscosidad cinemática a 40 ° C mm² / s 23,20</p> <p>-Punto de inflamación ° C 220</p> <p>-Índice de acidez mg KOH / g aceite 0,70</p>				

	-Índice de refracción a 20 ° C 1.4685 -Punto de fluidez ° C 6				
Destilado de ácidos grasos de palma (PFAD) (ácido palmítico y ácido oleico)	Índice de acidez promedio Contenido de AGL	Esterificación	-T° 80 C -Relación molar 15:1 MeOH: PFAD -Catalizador 5% CAWS-(7) SO4 -Tiempo de reacción de 3 h.	Rendimiento del 98%	(NUR, RASHID, SUFRI, & TAUFIQ-YAP, 2017)
Desecho de aceite de maíz	No menciona	transesterificación	-Relación molar metanol/aceite 15:1 -Catalizador 4% MgO / CP -T° 60°C -Tiempo de reacción 120 min -Velocidad de agitación 1250 rpm.	Rendimiento: 94%	(GAMEEL, y otros, 2020)
Desecho de aceite de palma	No menciona	transesterificación	-Relación molar metanol/aceite 20:1 -Catalizador 4% MgO / CP -T° 70°C -Tiempo de reacción 150 min	Rendimiento: 97, 6%	

			-Velocidad de agitación 1250 rpm.		
Aceite reciclado	-Densidad (g/cm ³) 0.95 -Viscosidad cinemática (mm ² /s) 42.3 -Viscosidad absoluta (g/cm s) 0.412 -% Ácidos grasos libres 0.035	Esterificación y transesterificación	-Catalizador (NaOH) al 1% -Relación molar de 10:1 entre el AVR y el catalizador. T° 110 °C		(OSORIO, 2018)

FUENTE: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipos y diseño de investigación

Según HERNÁNDEZ SAMPIERI (2014) la presente investigación es básica debido a que aporta conocimientos de índole científico pues durante los procesos de investigación se generan hallazgos y conclusiones de esta manera podemos expandir nuestros conocimientos teóricos para descubrir los principios y leyes que ayudan a que entendamos mejor la situación problemática.

Con respecto al diseño de investigación según HERNANDEZ SAMPIERI (2018) esta investigación es cualitativo investigación/ acción, este diseño nos permitirá recopilar información, analizar los datos, describir las cualidades del biodiesel obtenido a partir de los diversos procesos y crear algunas hipótesis o teorías sobre dichos procesos como solución frente a la necesidad de nuevas fuentes de energías alternativas.

3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

En la siguiente tabla se detalla la matriz de categorización apriorística donde se muestra los objetivos específicos, problemas específicos, las categorías y los autores.

Tabla 9: Matriz de categoría apriorística

Matriz de Categorización Apriorística				
Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub categorías	Unidad de análisis
Identificar los tipos de aceites y grasas residuales que pueden convertirse en materia prima para obtener el biodiesel,	¿Qué tipo de aceites y grasas residuales se pueden convertir en materia prima para obtener el biodiesel?,	Aceite y grasas residuales	-Aceite residuales de origen vegetal -Grasas de animales	(DHINGRA, BHUSHAN, & DUBEY, 2016) NUR, Osman, <i>et al</i> (2017) FADHIL, Abdelrahman, <i>et al</i> (2017) CARO, Juan Luis, <i>et al</i> (2017) AYALA, Yudyt (2017) SUAREZ (2019)

Analizar el tipo de procesos usados para la producción de biodiesel a partir de aceites y grasas residuales,	¿Qué tipo de procesos para la producción de biodiesel son usados a partir de aceites y grasas residuales?,	Procesos para la producción de biodiesel	-Proceso de Transesterificación -Proceso de Esterificación	FAEGHEH, CHEN Y ZHANG (2019) RAMIREZ, Wilmer (2019) HANG, Brandon, <i>et al</i> (2020)
Analizar las variables de operación óptimas durante el proceso de producción de biodiesel,	¿Cuáles son las variables de operación óptimas durante el proceso de producción de biodiesel?,	VARIABLES de operación.	-Tipo y porcentaje de catalizador. -Tiempo de reacción - temperatura de reacción - velocidad de agitación	FOROUTAN, Rauf, <i>et al</i> (2020) AYALA, Yudyt (2017) WEN, Cong, <i>et al</i> (2020)
Analizar el nivel de cantidad y la calidad de Biodiesel obtenido a partir de aceites y grasas residuales	¿Cuál es el nivel de cantidad y la calidad de Biodiesel obtenido a partir de aceites y grasas residuales?,	Calidad y cantidad de biodiesel	-Densidad -Viscosidad cinemática -Índice de acidez -Volumen del biodiesel -Rendimiento	FADHIL, Abdelrahman, <i>et al</i> (2017) AYALA, Yudyt (2017)

FUENTE: Elaboración propia

3.3 Escenario de investigación

Este trabajo de investigación no tiene un lugar definido, debido a que es una revisión bibliográfica sobre la producción de biodiesel a partir de aceites y grasas residuales, para dicha investigación se utilizó diversos artículos y revistas científicas, así como también tesis que abarcaron este tema.

3.4 Participantes

Se realizó una búsqueda y selección de diferentes revistas científicas, tesis de pregrado y maestría, también páginas de instituciones del estado como: Ministerio del Ambiente, Consejo Nacional del Ambiente (Conam), ASTM, con el fin de obtener información relevante para nuestro estudio, así mismo se realizó consultas en las páginas de: ScienceDirect, Scopus, Scielo, Google Academico, biblioteca Trilce.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó para seleccionar la información es la revisión y análisis de documentos para la recolección de datos, que nos sirvió como base para el estudio

3.6 Procedimientos

Se procedió con la búsqueda de artículos y revistas científicas referente al tema de estudio. Las palabras claves para la búsqueda tanto en inglés y español fueron: biodiesel, waste oils, transterification. Se buscó en las plataformas de búsquedas sciencedirect, scielo y google Academico, Scopus y en la biblioteca Trilce, se obtuvieron 2991 documentos entre artículos, revistas, tesis de pre y post grado los cuales se analizaron detalladamente y también se filtró la información utilizando los criterios de exclusión como la antigüedad y también la información que no resulto trascendental para el tema de investigación razón por la cual finalmente nos quedamos con 10 tesis y 55 revistas científicas

3.7 Rigor científico

Con respecto al rigor científico de la investigación, como parte importante para la credibilidad de esta investigación cualitativa, se promovieron los siguientes criterios que se mencionan en la publicación de (VARELA, 2016).

a.- Uno de los criterios que se desarrolló en esta investigación fue el rigor de credibilidad, ya que, la información y datos se obtuvieron fueron de fuentes indexadas.

b.-En esta investigación también se desarrolló el rigor de transferibilidad puesto que en la investigación se realizaron comparaciones minuciosas de estudios antes realizados, estudios con información precisa y confiable.

c.-en esta investigación se desarrolló el criterio de rigor de dependencia , ya que, la información extraída de los artículos científicos y trabajos de investigación nos ofrecen información confiable que nos permitió conocer al detalle el tema de investigación, procesar la información y obtener resultados.

d.- En esta investigación se presentó el criterio de rigor de confirmabilidad, debido a que, las investigaciones seleccionadas para el estudio son de tipo confiable y cumplen con los requerimientos rigurosos de una investigación científica acreditada

3.8 Método de análisis de datos

Los datos que se obtuvieron para el estudio, se agruparon tomando en cuenta las categorías y sub categorías, de los cuales 32 referencias bibliográficas están relacionados con la materia prima y sus características, 29 brindan información sobre las condiciones de operación más óptimas para la elaboración de biodiesel y 18 referencias bibliografías corresponden a la calidad y cantidad de biodiesel.

3.9 Aspectos éticos

Respecto a los aspectos éticos la presente investigación contiene aportes de fuentes confiables, salvaguardando la propiedad intelectual de los autores citándolos apropiadamente, siguiendo el manual de las referencias del estilo ISO 690 de la Universidad Cesar Vallejo, el análisis de los resultados será respaldados por los criterios de rigor científico establecidos, por consiguiente esta investigación podrá ser un aporte para las personas que requieran información relacionadas al tema de investigación.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación que se realizó sobre los aspectos más importantes de la producción del biodiesel a partir de los aceites residuales y grasas de animales dio como resultado para el primer objetivo específico: **“Identificar los tipos de aceites y grasas residuales que pueden convertirse en materia prima para obtener el biodiesel”** se realizaron diferentes revisiones bibliográficas en los cuales se identificó que las materias prima de segundo uso más empleadas para las investigaciones fueron primero los aceites vegetales residuales dentro de los cuales se menciona: aceite de cocina o aceite residual, también hubieron estudios sobre el aceite de ricino, aceite de grasas de palma, aceite residual de girasol; también se realizaron estudios de los residuos de grasas animales como: aceite de desechos de pescado, aceite extraído de grasa de pollo y de cerdo.

A continuación en la tabla N° 10, se observa los resultados respecto a los tipos de aceites y grasas residuales de origen animal y vegetal usados como materia prima en la elaboración de Biodiesel.

Tabla 10: Resultados de los tipos de aceites y grasas residuales utilizados como materia prima.

TIPOS DE ACEITES RESIDUALES VEGETALES	TIPOS DE RESIDUOS DE GRASAS DE ANIMALES	FUENTE
Aceite usado de cocina	-----	CARO, Juan, <i>et al.</i> (2017), FOROUTAN, Rauf, <i>et al.</i> (2020), ALVA; CIPARO (2015), MARCHINI, <i>et al.</i> (2019) , NUR, Osman , <i>et al.</i> (2017), TEQUEN, Edgar (2017) FAWAZ y SALAM (2018), WANG, Xiumei, <i>et al.</i> (2017), ŠANEK, Lubomír, <i>et al.</i> (2015),

		MAHMOOD, Haris, <i>et al.</i> (2020), CHUNG, Yuan, <i>et al.</i> (2020), VIDIGAL, Igor, <i>et al.</i> (2020), OSORIO, Marco (2018) GURUNATHN & RAVI (2015), MAJID, MALEKI, & AHMADREZA (2019), GARDY, Jabbar, <i>et al.</i> (2018), ASHOK, <i>et al.</i> (21 May 2018), SHUANGLAN, YING, WENGENYONG (2017), PIROUZMAND, MAHDAVI, GHASEM (2018), KANT, Shashi, <i>et al.</i> (2020), MAHMOOD, Haris, <i>et al.</i> (2020)
-----	aceite de desechos de pescado	CHING, Jonny, <i>et al.</i> (2020), FADHIL, T.B. & ALBADREE (2017)
Aceite de ricino	-----	FADHIL, T.B. & ALBADREE (2017), RAMIREZ, Wilmer (2018)
-----	Aceite extraído de la grasa de pollo	AYALA, Yudyt (2017), SUAREZ, Walter (2019)
-----	Grasa de cerdo	SUAREZ, Walter (2019)

Destilado de ácidos grasos de palma (PFAD)	-----	NUR, Osman, <i>et al.</i> (2017)
-----	Grasas de animales	ŠANEK, Lubomír, <i>et al.</i> (2015)
Aceite de girasol de cocción residual	-----	DHINGRA, BHUSHAN, & DUBEY (2016), OLUSEGUN, David, <i>et al.</i> (2020)

Fuente: Elaboración propia.

El 7 de mayo del 2019 El MINAN emitió la Resolución Directoral N° 0196-2019-MINAM/VMGA/DGRS mediante la cual autorizo a la empresa RP AMBIENTAL S.A.C. para la exportación de 5000 t de aceite vegetal usado de cocina (UCO) y grasas de animales y/o vegetales, hacia los países de Holanda, Inglaterra, Portugal, España, Italia, China, Malasia, Chile, Colombia y Estados Unidos. Esta resolución nos permite divisar que en el Perú tenemos suficiente materia prima de segundo uso para la elaboración de Biodiesel que podría servirnos como un combustible alternativo más barato y eco amigable.

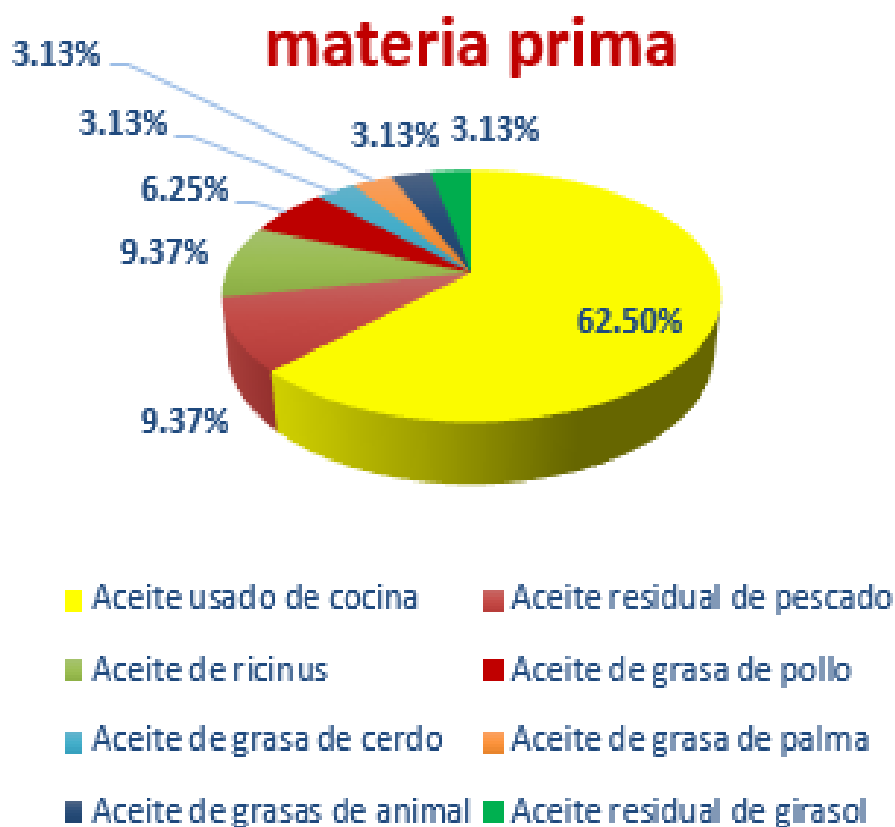
A continuación, veremos el grafico N° 2, donde observamos que el mayor porcentaje de estudios realizados para la producción de biodiesel utilizaron como materia prima el aceite usado de cocina y las materias primas menos estudiadas son: el aceite residual de ricino, los aceites de grasas de cerdo y los aceites de grasas de palma.

Tabla 11: resultados de las materias primas más usados con porcentajes

Materia prima	Porcentajes
Aceite usado de cocina	62.5 %
Aceite residual de pescado	9.37%
Aceite de ricinus	9.37%
Aceite de grasa de pollo	6.25%
Aceite de grasa de cerdo	3.13%
Aceite de grasa de palma	3.13%
Aceite de grasas de animal	3.13%
Aceite residual de girasol	3.13%

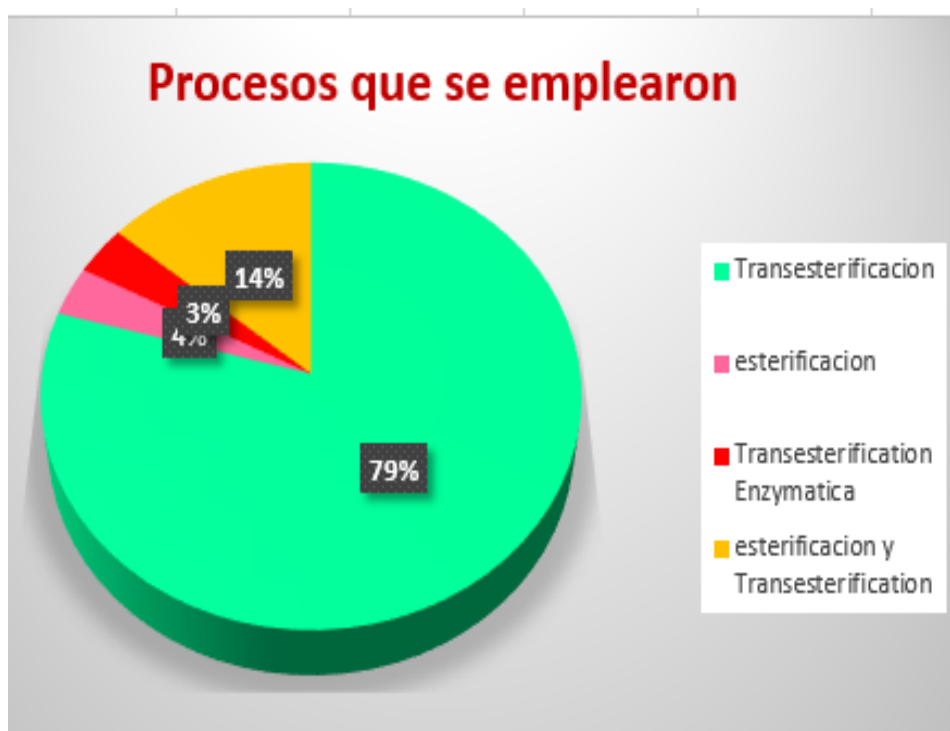
FUENTE: Elaboración propia

Figura 2: grafico circular de materias prima más usado



Para los resultados del segundo objetivo específico **“Analizar el tipo de procesos usados para la producción de biodiesel a partir de aceites y grasas residuales”**, se realizaron diferentes revisiones bibliográficas donde se identificaron diferentes métodos para la elaboración de Biodiesel a partir de aceites y grasas residuales, según las diversas referencias bibliográficas realizadas en esta investigación se encontraron diferentes métodos para la elaboración de Biodiesel los cuales fueron: el método de esterificación y el método de transesterificación, este último fue el método que más utilizaron los investigadores como: NUR, Osman (2017), LOPEZ, BOCANEGRA y ROMERO (2015) OSORIO, Marco (2018), ALVA & CIPRA (2015), CARO, Juan Luis, *et al.* (2017), FADHIL, *et al.* (2017), MEDINA, *et al.* (2015), MARCHINI, Jhessica, *et al.* (2019) Debido a que este proceso es más económico, tiene una alta eficiencia catalítica MARCHINI, Jhessica, *et al.* (2019), y más compatible con los ácidos grasos libres presentes en los aceites usados de cocina. Este proceso según Han Hoe, *et al.* (2020) Es el más usado para la producción de biodiesel en este proceso que por lo general usa un catalizador básico pues acelera las reacciones para producción biodiesel de alta calidad. A continuación observaremos la ilustración donde el porcentaje de investigadores que optaron este método y otros métodos que también se aplicaron:

Figura 3: grafico circular del tipo de procesos que más se emplearon en la producción del biodiesel



El análisis de la figura N° 3 demuestra que el 79% de las investigaciones revisadas en la tesis utilizaron el proceso de **transesterificación** para la producción de biodiesel, un 14 % se inclinó por utilizar dos procesos, el de transesterificación y el de esterificación este proceso se realiza siempre y cuando el índice de acidez sea mayor al 3% AYALA, Yudy (2017) , finalmente el 4 y 3% optaron por realizar procesos de transesterificación enzimática y la esterificación.

A continuación, observaremos en la tabla 12 los procesos que se utilizaron para la elaboración del biodiesel.

Tabla 12: procesos o métodos de para la producción de Biodiesel.

MATERIA PRIMA	PROCESO O MÉTODO	FUENTE
Aceite usado de cocina	Transesterificación	(CARO, CASTELLANOS, ROMERO, & RUIZ, 2017)
Aceite vegetal usado	Transesterificación	(FOROUTAN, MOHAMMADI, ESMAILI, BEKTASHI, & TAMJIDI, 2020)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	(LOPEZ & BOCANEGRA, 2015)
Aceite de desechos de pescado	Transesterificación Enzimática	(CHING, y otros, 2020)
Aceite de ricino y aceite de pescado	Transesterificación	(FADHIL, T.B., AL, & ALBADREE, 2017)

Grasa de pollo	Transesterificacion	(AYALA, 2017)
Aceites usados para freír	Transesterificacion	(FAWAZ & SALAM, 2018)
Residuos de aceites de cocina	Transesterificacion	(WANG, QIN, DAOMING, BO, & WANG, 2017)
Aceites de fritura de desecho y grasas animales	Transesterificacion	(ŠANEK, PECHA, KOLOMAZNIK, & BARINOVA, 2015)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion	(MAHMOOD, IQBAL, HAIDER, JAVAID, & IQBAL, 2020)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion	(CHUNG, AMESHO, EN CHEN, CHENG, & CHIH, 2020)
Ácidos grasos de palma	Esterificación	(NUR, RASHID, SUFRI, & TAUFIQ-YAP, 2017)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion	(VIDIGAL, y otros, 2020)
Aceite de semillas de Ricinus communis	Transesterificacion	(RAMIREZ, 2018)
Aceite reciclado	Transesterificacion y esterificación	(OSORIO, 2018)

Aceite de girasol de cocción residual	Transesterificacion	(DHINGRA, BHUSHAN, & DUBEY, 2016)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion	(GURUNATHN & RAVI, 2015)
Aceite usado	Transesterificacion	(TEQUEN, 2017)
Sus scrofa domesticus	Transesterificacion	(SUAREZ, 2019)
Gallus gallus domesticus	Transesterificacion	(SUAREZ, 2019)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion	(MAJID, MALEKI, & AHMADREZA, 2019)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion y esterificación	(GARDY, y otros, 2018)
Aceite de cocina usado	Transesterificacion	(ASHOK, KENNEDY, VIJAYA, & ARULDOSS, 21 May 2018)
Aceite de girasol residual	Transesterificacion	(OLUSEGUN, y otros, 2020)
Aceite usado	Transesterificacion y esterificación	(SHUANGLAN, YING, & WENGENYONG, 2017)

Mezclas de aceites no comestibles, aceite de ricino y aceite de pescado residual	Transesterificación	(ABDELRAHMAN, EMAAD, & MOHAMMED, 2017)
Aceite de cocina usado	Transesterificación y esterificación	(PIROUZMAND, MAHDAVI, & GHASEMI, 2018)
Aceite de fritura	Transesterificación	(DAVILA & CORTES, 2017)
Residuos de aceite de cocina (WCO)	Transesterificación	(KANT, y otros, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del tercer objetivo específico “**Analizar las variables de operación óptimas durante el proceso de producción de biodiesel**”, se realizaron diferentes revisiones bibliográficas donde se analizaron diferentes variables de operación como: Tipo y porcentaje de catalizador, tipo de alcohol, tiempo de reacción, temperatura de reacción, velocidad de agitación. Variables utilizadas para el óptimo proceso de producción de Biodiesel dando como resultados diferentes valores utilizado por los investigadores durante la producción de Biodiesel. A continuación en la tabla N° 13, se observa los resultados a las condiciones de operación así como los procesos o métodos más utilizados para la elaboración de biodiesel.

Tabla 13: Condiciones de operaciones y procesos más utilizados en la producción del biodiesel

MATERIA PRIMA	PROCESO O MÉTODO	TIPO Y PORCENTAJE DE ALCOHOL	CATALIZADOR Y PORCENTAJE	TIEMPO DE REACCIÓN	TEMPERATURA DE REACCIÓN	VELOCIDAD DE AGITACIÓN	FUENTE
Aceite usado de cocina	Transesterificación	Metanol 12:1	Hidróxido de potasio 1%	2 h	60 °C	300 rpm	(CARO, CASTELLANOS, ROMERO, & RUIZ, 2017)
Aceite vegetal usado	Transesterificación	metanol 16,7: 1	CaO@Mg O nanocatalyst 4,571%	7.08 h	69,37°C	-----	(FOROUTAN, MOHAMMADI, ESMAILI, BEKTASHI, & TAMJIDI, 2020)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Metanol 12:1	NaOH al 1 %	2 h	60 °C	-----	(LOPEZ & BOCANEGRA, 2015)

Aceite de desechos de pescado	Transesterificación Enzimática	Metanol 6: 1	Biocatalizador: Lipozyme RM IM, Novozyme	24 h	52 ° C	216 rpm	(CHING, y otros, 2020)
Aceite de ricino y aceite de pescado	Transesterificación	Metanol	KOH al 0.50%,	30 min	32°C	600 rpm	(FADHIL, T.B., AL, & ALBADREE, 2017)
Grasa de pollo (200 gramos)	Transesterificación	Metanol 6:1)55 ml)	KOH al 1% (2g)	2 h	50°C.	400 rpm	(AYALA, 2017)
Aceites usados para freír	Transesterificación	Metanol /aceite 6: 1	KOH al 0,75%	1 h	60°C	600 rpm	(FAWAZ & SALAM, 2018)

Residuos de aceites de cocina	Transesterificación	Aceite / metanol de 1: 3	lipasa MAS1 inmovilizada	24 h	40 ° C	200 rpm	(WANG, QIN, DAOMING, BO, & WANG, 2017)
Aceite de fritura de desecho y grasas animales	Transesterificación	Metanol 1: 6	Hidróxido de tetrametilamonio	2 h	65°C	-----	(ŠANEK, PECHA, KOLOMAZNIK, & BARINOVA, 2015)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Metanol 15: 1	Huesos de avestruz	4 h	60°C	-----	(MAHMOOD, IQBAL, HAIDER, JAVAID, & IQBAL, 2020)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Metanol 9: 1	Conchas de ostras de desecho recicladas	3 h	65 ° C	-----	(CHUNG, AMESHO, EN CHEN, CHENG, & CHIH, 2020)

Ácidos grasos de palma	Esterificación	Relación molar MeOH: PFAD 15: 1	Cyrtopleura costata caparazón de almeja ala de ángel (AWS) al 5%	3 h	80 ° C,	300rpm	(NUR, RASHID, SUFRI, & TAUFIQ-YAP, 2017)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Etanol relación molar de 9: 1 (alcohol: aceite)	Hidróxido de potasio	2 h	60 ° C	500 rpm	(VIDIGAL, y otros, 2020)
Aceite de semillas de Ricinus communis (500 ml)	Transesterificación	Etanol (130- 140 ml)	NaOH (2.5 g)	30 min	70 ° C	300 rpm	(RAMIREZ, 2018)

Aceite reciclado	Transesterificación y esterificación	-Relación molar de 10:1 entre el AVR y el catalizador	catalizador (NaOH) al 1%	30 min	T° 110 °C	-----	(OSORIO, 2018)
Aceite de girasol de cocción residual	Transesterificación	Etanol 9: 05	(NaOH) al 0,99%	1.28 h	57,31 ° C	494,94 rpm	(DHINGRA, BHUSHAN, & DUBEY, 2016)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Metanol 8:1	Óxido de zinc dopado con cobre	50 min	55 ° C	----- -	(GURUNATHN & RAVI, 2015)
Aceite usado (150 ml)	Transesterificación	Etanol (166 ml)	Hidróxido de potasio (KOH) y óxido de calcio (CaO) al 1%.	1 h	70 C°	-----	TEQUEN, Edgar (2017)
	Transesterificación	Alcohol (200 ml)	NaOH (2 g)	-----	22.03 °C	----- -	

Sus scrofa domesticus (500 ml)							(SUAREZ, 2019)
Gallus gallus domesticus (500 ml)	Transesterificación	Alcohol (200 ml)	NaOH (2 g)	-----	24.5°C,	-----	(SUAREZ, 2019)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Metanol 2,25: 1	KOH/Clinoptilolite al 8.1 %	13.4 min	65°C	----- --	(MAJID, MALEKI, & AHMADREZA, 2019)
Aceite de cocina usado	Transesterificación y esterificación	Metanol 10: 1	Ácido sólido magnético SO ₄ / Fe-Al-TiO ₂ al 3%	2,5 h	90 ° C	----- -	(GARDY, y otros, 2018)
Aceite de cocina usado	Transesterificación	Metanol 24: 1	Nanocatalizador de MgO al 2%	1h	65°C	-----	(ASHOK, KENNEDY, VIJAYA, &

							ARULDOSS, 21 May 2018)
Aceite de girasol residual	Transesterificación	Metanol 5,99: 1	KOH al 1,1%	1.17 h	-----	-----	(OLUSEGUN, y otros, 2020)
Aceite usado	Transesterificación y esterificación	Metanol/ oil 8: 1	Líquido iónico de hidrosulfato de 1-sulfobutil-3-metilimidazolio al 10%	6 h	140°C	500 rpm	(SHUANGLAN, YING, & WENGENYONG, 2017)
Mezclas de aceites no comestibles, aceite de ricino y	Transesterificación	Metanol 8: 1	KOH al 0,50%	30 min	32°C	600 rpm	(ABDELRAHMAN, EMAAD, & MOHAMMED, 2017)

aceite de pescado residual							
Aceite de cocina usado	Transesterificación y esterificación	Metanol 8: 1	MCM-41 modificados con Mg, Co y Zn al (0.1 g)	3 h	80°C	-----	(PIROUZMAND, MAHDAVI, & GHASEMI, 2018)
Aceite de fritura (1 L)	Transesterificación	Metanol (150 ml)	KOH: 1% (10 ml)	----- ----	55-60°C	----- --	(DAVILA & CORTES, 2017)
Residuos de aceite de cocina (WCO)	Transesterificación	Metanol: aceite (25: 1)	Catalizador heterogéneo: pirólisis de corcho residual (Quercus suber) o biocarbón activado	6 h	65 ° C	----- -	(KANT, y otros, 2020)

Fuente: Elaboración propia

Los catalizadores que más se utilizaron en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas, fueron: el hidróxido de potasio (KOH) y el hidróxido de sodio (NaOH), según Caro Becerra, et al. (2017). La razón por la que se usan estos catalizadores homogéneos se debe al tiempo de reacción, la temperatura y la cantidad de alcohol que se emplea pues son menores en comparación con otros tipos de catalizadores.

Figura 4: grafico circular sobre el tipo de catalizadores más usados

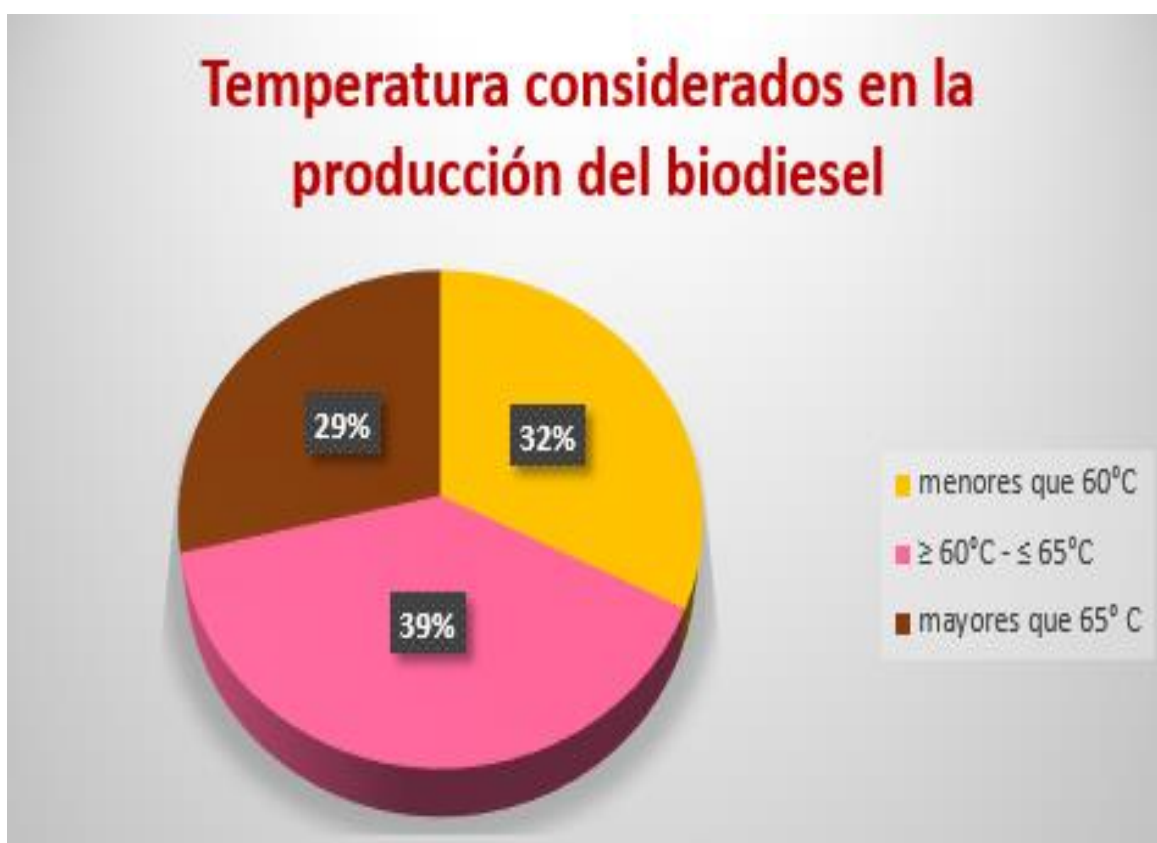


En la ilustración N° 4 estamos observando que el 34% de las investigaciones revisadas en la tesis utilizaron el KOH como catalizador, el otro 21% utilizaron el NaOH como catalizador y el otro 45% utilizaron diversos insumos como por ejemplo: corcho residual, KANT, Shashi, et al. (2020); Nanocatalizador de MgO, ASHOK, et al. (21 May 2018); óxido de calcio, TEQUEN, Edgar (2017); Huesos de avestruz, MAHMOOD, Haris (2020); Conchas de ostras de desecho recicladas, CHUNG, Yuan (2020); *Cyrtopleura costata* caparazón de almeja ala de ángel (AWS), NUR, Osman, et al. (2017).

La temperatura de reacción fue investigada por varios autores como: DE LA CRUZ & TRUJILLO (2017) , LOPEZ, BOCANEGRA, & ROMERO (2015), KANT, Shashi, *et al.* (2020) quienes manifiestan que el proceso de elaboración de Biodiesel necesitan altas temperaturas, pues las reacciones que se dan son de tipo endotérmica y que a mayor temperatura se produce mayor choque entre los reactivos y la respuesta es más rápida, dicho esto la temperatura que más recomienda va entre los 60 y 65°C pues mayores temperatura podrían ser contraproducentes en la producción del Biodiesel ya que el metanol es un alcohol que comienza a volatilizarse, su polaridad cambia y por consiguiente el número de iones de metóxido se reduce.

En la siguiente ilustración observaremos que el de investigadores trabajaron con temperaturas que van entre los 60 - 65 ° C que es la más recomendada a comparación de un trabajo con temperaturas superiores a los 65°C.

Figura 5: temperaturas consideradas en la producción del biodiesel

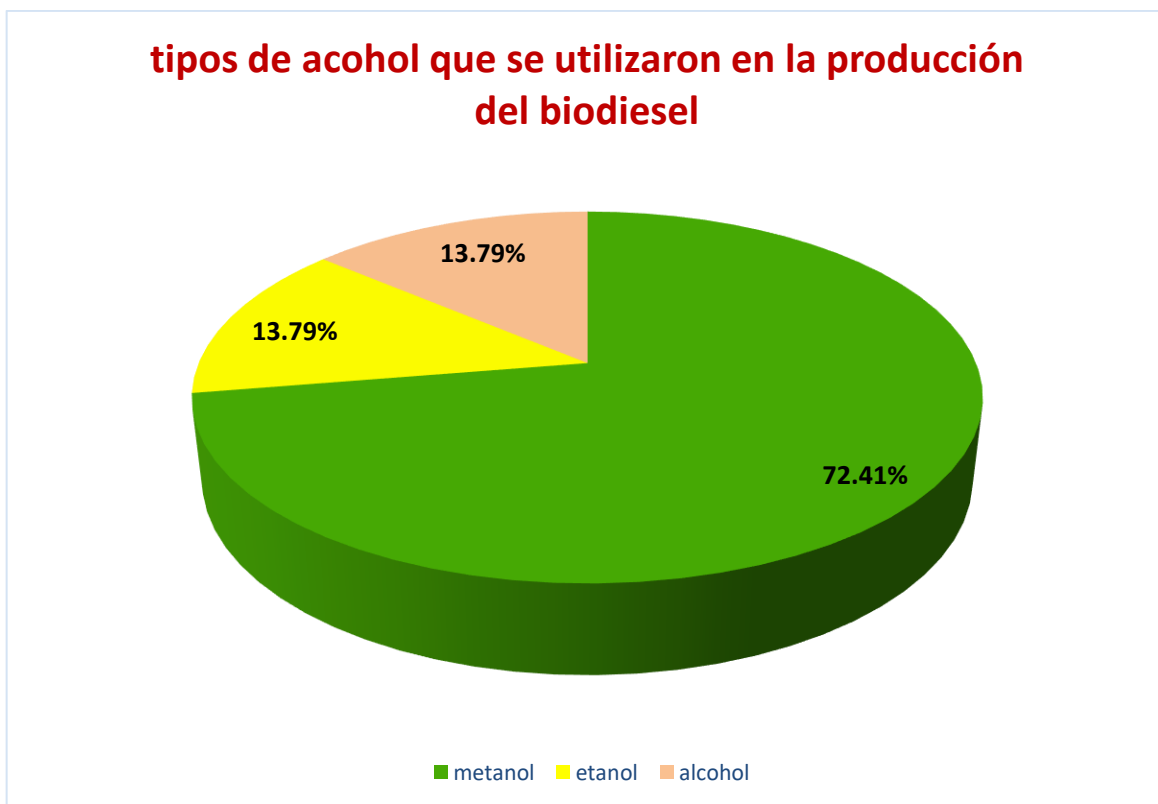


En la ilustración N° 5 estamos observando que el 32% de las investigaciones revisadas en la tesis realizaron la producción de biodiesel utilizando temperaturas

menores a 60°C, así mismo un 39 % de los estudios revisados trabajaron con temperaturas que van entre los 60 a 65 °C, sin embargo no debemos olvidar que autores como Kant Bathia (2020), manifiestan que la temperatura adecuada oscila entre los 60 y 65 °C pues las temperaturas más altas podrían ser contraproducentes en la producción del Biodiesel ya que el metanol es un alcohol que comienza a volatizarse considerando estas recomendaciones podríamos llegar a la conclusión que trabajar con este segundo rango es el ideal para un buen rendimiento en el proceso de transesterificación; finalmente un 29% realizaron sus estudios con temperaturas mayores a los 65 °C, incluso algunos autores como OSORIO, Marco (2018), SHUANGLAN, YING & WENGENYONG (2017) realizaron sus estudios con temperaturas mayores a los 100 °C.

El alcohol es otra variable importante para la operación durante producción de biodiesel, el que más se utilizó en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas fue el METANOL; Según OSORIO, Marco (2018) este producto es más usado porque es económico, produce esteres metílicos de ácidos grasos que son llamados FAME(fatty acid methyl ester) o Biodiesel :

Figura 6: grafico circular de tipos de alcoholes que se utilizaron



En la ilustración N° 6 se observó que el 72.41% de las investigaciones revisadas en la tesis utilizaron como parte de la materia prima el **Metanol**, esto debido a su fácil accesibilidad en el mercado y su bajo costo; otro 13.79% opto por el uso del etanol en su estudio y finalmente el otro 13.79 % solo menciona el uso de alcohol sin especificar el tipo exacto de alcohol.

En relación a las condiciones más óptimas para los tiempos de reacción que más se utilizaron en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas estas varían en rangos de < de 1 hora; ≥ 1 hora a ≤ 4 horas y > 4 horas; encontramos que un buen porcentaje de los investigadores apostó por el segundo rango que va de >1 hora a <4 horas, como observaremos en la ilustración:

Figura 7: grafico circular sobre el tiempo de reacción



En la ilustración N°7 se observó que el 68% de las investigaciones revisadas en la tesis utilizaron como tiempo de reacción para la producción de biodiesel de 1 a 4 horas, un 27% optó por trabajar con tiempos menores a los 60 min y finalmente solo un 5% de los investigadores utilizó tiempos mayores al de 4 horas, como por ejemplo: KANT, Shashi, et al. (2020); SHUANGLAN, YING & WENGENYONG

(2017), MAJID, MALEKI & AHMADREZA (2019) y casos extremos como: WANG, Xiumei, *et al.* (2017) que utilizaron como tiempo de reacción 24 horas.

Cabe mencionar que otra condición de operación muy importante que debemos tomar en cuenta para la elaboración del Biodiesel es la **velocidad de agitación**; pues como lo menciona Ramirez Lizana (2018) la agitación constante facilita para que la reacción sea completa y homogénea durante un corto tiempo. Es así que analizando los diferentes estudios se concluyó que la unidad de frecuencia que usaron todos los investigadores que consideraron la velocidad de agitación en sus estudios, fue la revolución por minuto que indica el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor. Es también importante mencionar que menos de la mitad de los estudios consultados para la tesis mencionaron esta condición de operación en su estudio. Por tanto los rangos que consideramos dentro de nuestra conclusión van desde ≥ 200 rpm a ≤ 300 rpm; > 300 rpm a ≤ 500 rpm y finalmente > 500 rpm.

Figura 8: grafico circular de velocidad de agitación



En la ilustración N°8 se concluyó que el 42% de las investigaciones revisadas en la tesis utilizaron como velocidad de agitación para la producción de biodiesel de

200 a 300 rpm, un 33% opto por trabajar con velocidades que van de 300 a 500 rpm y solo un 25 % opto por aplicar velocidades mayores a los 500 rpm FADHIL, et al. (2017) ; FAWAZ, & SALAM (2018) son algunos de los autores que mencionan en sus trabajos velocidades de agitación de 600rpm.

A continuación para los resultados del cuarto objetivo específico que es “**Analizar el nivel de cantidad y la calidad de Biodiesel obtenido a partir de aceites residuales y grasas de animales**“, se realizaron diferentes revisiones bibliográficas donde se analizaron diferentes parámetros relacionados en la calidad y cantidad de Biodiesel que se obtuvo en los diversos estudios que se revisaron tales como: Densidad, Viscosidad cinemática, Índice de acidez, Volumen del biodiesel y Rendimiento. Motivo por el cual se hizo un análisis sobre la Cantidad y Calidad de Biodiesel que mediante las diferentes revisiones bibliográficas sobre la producción de biodiesel a partir de aceites y grasas usadas, pudimos encontrar. Es importante mencionar que no todos los autores que consultamos en nuestra investigación consideraron hacer una evaluación de los productos que elaboraron, sin embargo hicimos una discusión con los datos que pudimos obtener; según Tequen (2017) , entre las propiedades más notables que se deben considerar tenemos: la densidad, el poder calorífico y el índice de cetanos que nos ayuda a verificar el desempeño el combustible. Así mismo para nuestro análisis de resultados haremos una comparación con los estándares de calidad a nivel internacional como la norma D-6751 de ASTM (Sociedad Americana para pruebas y materiales) y la EN 14214 Norma Europea.

Tabla 14: calidad y cantidad de biodiesel

MATERIA PRIMA	ÍNDICE DE ACIDEZ	DENSIDAD	VISCOSIDAD CINEMÁTICA	RENDIMIENTO	VOLUMEN DEL BIODIESEL	FUENTE
Aceite de semillas de Ricinus communis (500 ml)	-----	890 kg/m ³	81.5; 93 mm ² /s 63.6; 74 mm ² /s	87.4 %	437 ml	(RAMIREZ, 2018)
Aceite reciclado	0.4309 mg NaOH/g,	879.4 kg/m ³	2,52 mm ² /s	-----	57.225 ml	(OSORIO, 2018)
Aceite usado (150 ml) Etanol(166 ml) CaO	0.46 mg KOH/g	821.38 Kg/m ³	1.49 mm ² /s	70.39 %	105.56 ml	(TEQUEN, 2017)
-Aceite usado (150 ml) -etanol(166 ml) KOH	0.41 mg KOH/g	855.32 Kg/m ³	2.52 mm ² /s	76.67 %	115 ml	(TEQUEN, 2017)

Sus scrofa domesticus (500 ml)	-----	900 kg/m ³	65,13 mm ² /s	96,60 %	483 ml	(SUAREZ, 2019)
Gallus gallus domesticus (500 ml)	-----	900 kg/m ³	59.8 mm ² /s	97,40 %	489 ml	(SUAREZ, 2019)
Aceite usado (102 ml)	0.800 Mg KOH/g	886 kg/m ³	7.93 mm ² /s	98.4%	100 ml	(CARO, CASTELLANOS , ROMERO, & RUIZ, 2017)
Aceite de desechos de pescado	0.9 mg KOH/g	920 kg/m ³	5.3 mm ² /s	80%	-----	(CHING, y otros, 2020)
Grasa de pollo (200 ml)	0.4309 mg KOH/g	8794 kg/m ³	5.1106 mm ² /s	91.68%	183.36 ml	(AYALA, 2017)

Aceite de fritura (200 ml)	-----	924 kg/m ³	30,47 mm ² /s	-----	-----	(DAVILA & CORTES, 2017)
Aceite de ricino y aceite de pescado	0.06 mg KOH/g	898.9 kg/m ³	3.61 mm ² /s	95.20%	-----	(FADHIL, T.B., AL, & ALBADREE, 2017)
Residuos de aceites de cocina	-----	-----	-----	95,45%	-----	(WANG, YANG, & WANG, 2014)
Aceite de cocina usado (250 ml)	1.39 mg KOH/g	890 kg/m ³	-----	90.56%	226.4 ml	(MAHMOOD, IQBAL, HAIDER, JAVOID, & IQBAL, 2020)
Aceite de girasol de	-----	825 kg/m ³	1.6 mm ² /s	96.33%	----- ----	(DHINGRA, BHUSHAN, &

cocción residual						DUBEY, 2016)
Aceite de cocina usado	-----	----- ---	-----	97.71%	----- ---	(GURUNATH N & RAVI, 2015)
Aceite de cocina usado	-----	880 kg/m3	4.6 mm2/s	98.26%	----- -----	(MAJID, MALEKI, & AHMADREZA, 2019)
Aceite de cocina usado	-----	----- ---	----- -	96%	----- ---	(GARDY, y otros, 2018)
Residuos de aceite de cocina (WCO)	-----	870 kg/m3	3.8 mm2/s	-----	----- ---	(KANT, y otros, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al nivel de calidad en la producción de Biodiesel en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas se obtuvieron los siguientes resultados que se compararon con los valores de las normas D-6751 ASTM y EN 14214 Norma Europea

Con respecto a la **DENSIDAD** AYALA, Yudy (2017), La Densidad como indicador tiene la posibilidad de generar alteraciones en el sistema de inyección de los motores por ejemplo si la densidad es menor podría generar inconvenientes. La densidad es un indicador de calidad de biodiesel, el rango de valores que se muestran de la norma D-6751 ASTM es el siguiente (860 – 894 kg/m³). Dicho esto los autores que obtuvieron valores de la densidad del Biodiesel que va dentro de la norma son los siguientes investigadores: KANT, Shashi, *et al.* (2020), MAJID, MALEKI, & AHMADREZA (2019), MAHMOOD, Haris, *et al.* (2020), AYALA, Yudy (2017), CARO, Juan Luis, *et al.* (2017), OSORIO, Marco (2018), RAMIREZ, Wilmer (2018). Investigadores como: DHINGRA, BHUSHAN & DUBEY (2016) y TEQUEN, Edgar (2017) obtuvieron valores menores a los establecido en la norma ASTM, finalmente investigadores como: CHING, Jonny, *et al.* (2020), DAVILA & CORTES (2017), SUAREZ, Walter (2019), FADHIL, *et al.* (2017) Obtuvieron valores superiores al rango de la norma.

Según la EN 14214 Norma Europea los valores de la **DENSIDAD** deberían ir entre los (860-900 kg/m³) aquellos estudios que obtuvieron resultados sobre densidad del Biodiesel dentro del rango, fueron los siguientes: KANT, Shashi, *et al.* (2020), MAJID, MALEKI, & AHMADREZA (2019), MAHMOOD, Haris, *et al.* (2020), AYALA, Yudy (2017), CARO, Juan Luis, *et al.* (2017), OSORIO, Marco (2018), RAMIREZ, Wilmer (2018), SUAREZ, Walter (2019), FADHIL, *et al.* (2017). Los investigadores que también obtuvieron resultados inferiores a la norma fueron: TEQUEN, Edgar (2017), DHINGRA, BHUSHAN & DUBEY (2016) y los que obtuvieron datos superiores son: CHING, Jonny, *et al.* (2020) y DAVILA & CORTES (2017).

Si el índice de acidez es un valor mayor, genera la acumulación en el sistema de combustible y por tanto una menor vida útil de bombas (AYALA, 2017). Los resultados obtenidos en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas sobre **EL ÍNDICE DE ACIDEZ** y comparando el valor obtenido por los autores con la literatura de la norma D-6751 ASTM y la EN 14214 Norma Europea

nos indica que los valores deben ser ≤ 0.5 mg KOH/g en ambos casos los autores que obtuvieron resultados por debajo de 0.5 son los siguientes: OSORIO, Marco (2018) , AYALA, Yudyt (2017), FADHIL, et al. (2017), MAHMOOD, Haris, et al. (2020) y TEQUEN, Edgar (2017) , lo cual nos indica que la calidad de biodiesel obtenido por los autores está dentro de la norma. Los autores que obtuvieron valores por encima de la norma fueron: CHING, Jonny, et al. (2020) y CARO, Juan Luis, et al. (2017), lo cual significa que no se cumple con los estándares de calidad de biodiesel.

La viscosidad del Biodiesel puede ocasionar una combustión incompleta lo que generaría mayores emisiones de humo, y la formación de depósitos en el sistema de inyección de combustible (AYALA, 2017). Así mismo los resultados obtenidos en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas a cerca de la **VISCOSIDAD CINEMÁTICA** y comparando el valor obtenido por los autores con la literatura de la norma D-6751 ASTM donde los valores van de 1.9 – 6.0 mm²/s dando los siguientes resultados: Los autores que obtuvieron valores que están dentro de la norma son los siguiente: KANT, Shashi, et al. (2020), MAJID, MALEKI, & AHMADREZA (2019), DHINGRA, BHUSHAN & DUBEY (2016), FADHIL, et al. (2017), AYALA, Yudyt (2017), CHING, Jonny, et al. (2020), OSORIO, Marco (2018), TEQUEN, Edgar (2017) y los autores que obtuvieron valores superiores a la norma fueron: DAVILA & CORTES (2017), CARO, Juan Luis, et al. (2017), RAMIREZ, Wilmer (2018) y SUAREZ, Walter (2019).

Ahora bien según la EN 14214 Norma Europea nos indica que los valores ideales de la **VISCOSIDAD CINEMÁTICA** van entre 3.50 - 5.00 mm²/s y comparando el valor obtenido por los autores vemos que los siguientes estudios obtuvieron valores que están dentro de la norma: KANT, Shashi, et al. (2020), MAJID, MALEKI, & AHMADREZA (2019), FADHIL, et al. (2017), AYALA, Yudyt (2017), CHING, Jonny, et al. (2020) y los autores que obtuvieron valores superiores e inferiores a la norma, no califican para considerarse un biodiesel de calidad dentro de ellos tenemos a los siguientes: DAVILA & CORTES (2017), CARO, Juan Luis, et al. (2017), RAMIREZ, Wilmer (2018), SUAREZ, Walter (2019), DHINGRA, BHUSHAN & DUBEY (2016), OSORIO, Marco (2018), TEQUEN, Edgar (2017).

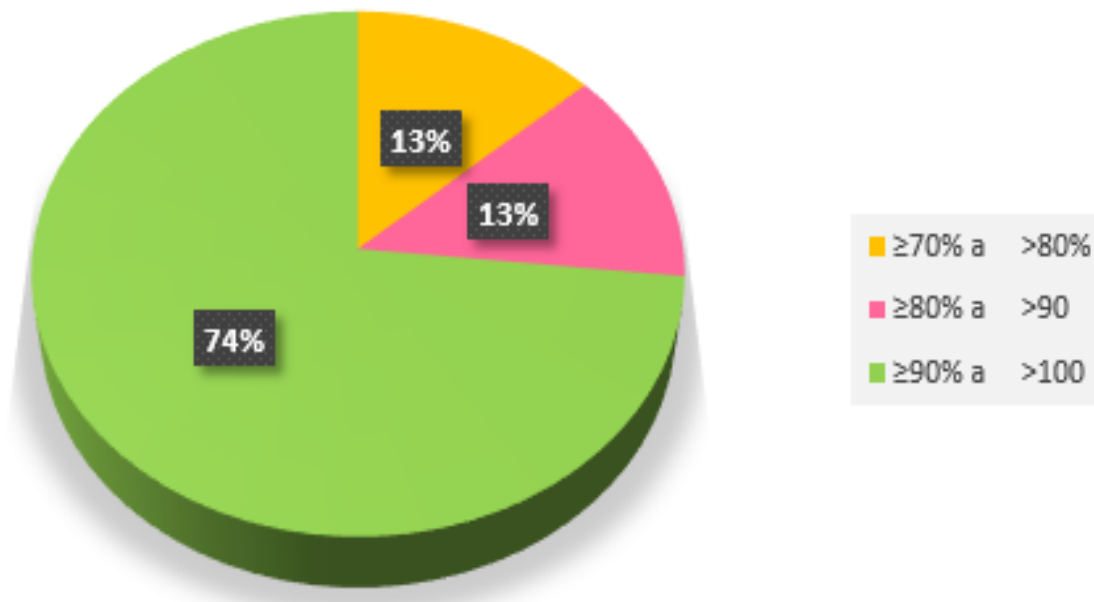
En cuanto al volumen de Biodiesel obtenido en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas se concluye que fueron pocos los autores que consideraron este aspecto dentro de sus resultados autores como: RAMIREZ, Wilmer (2018), TEQUEN, Edgar (2017), SUAREZ, Walter (2019), CARO, Juan Luis, et al. (2017), AYALA, Yudyt (2017), MAHMOOD, Haris, et al. (2020) fueron los que publicaron cifras del volumen de Biodiesel obtenido en sus investigaciones dichas cifras nos permiten hacer una comparación entre el volumen de aceite que ingreso como insumo y la cantidad de Biodiesel que se obtuvo y se observó que SUAREZ, Walter (2019) obtuvo más del 90 % de rendimiento a partir de grasas de los 500 ml de *Sus scrofa domesticus* y *Gallus gallus domesticus*, alcohol y NaOH como catalizador mediante un procesos de transesterificación obtuvo 483 ml de biodiesel, de igual manera CARO, Juan Luis, et al. (2017) obtuvo un porcentaje de 98.4 de rendimiento a partir de 105 ml de grasas de aceite usado, metanol e KOH como catalizador, obtuvo 100 ml de Biodiesel, otro autor que obtuvo un volumen alto fue AYALA, Yudyt (2017) quien obtuvo 183.36 ml de biodiesel a partir de 200 ml de grasa de pollo, metanol e KOH.

El rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del biodiesel varían de acuerdo a la materia prima que se utiliza para la producción del biodiesel. La variable que tiene más efecto en el rendimiento del biodiesel es la concentración de catalizador la cual al pasar de 0.5 a 1.5% afecta negativamente, seguido de la relación molar metanol/aceite que por el incremento hace que se formen emulsiones en medio, por consiguiente presenta desventajas en el rendimiento (ABUNDO, 2017). En cuanto al rendimiento en la producción de Biodiesel se obtuvieron diversos valores en las investigaciones según las diferentes revisiones bibliográficas para este análisis se plantearon los siguientes rangos: $\geq 70\%$ a $> 80\%$; $\geq 80\%$ a $> 90\%$; $\geq 90\%$ a > 100 .

El mayor rendimiento se obtuvo a una menor concentración de catalizador (1 %) y mayor relación molar de metanol/aceite como 12:1 como lo demostraron los siguientes autores en sus investigaciones: LOPEZ, BOCANEGRA & ROMERO (2015), CARO, Juan Luis, et al. (2017), KANT, Shashi, et al. (2020), ASHOK, et al. (21 May 2018), MAHMOOD, Haris, et al. (2020), NUR, Osman. et al. (2017), VIDIGAL, Igor, et al. (2020) y RAUF, Foroutan, et al. (2020).

Figura 9: Grafico circular del rendimiento de biodiesel

rendimiento del biodiesel



En la ilustración N°9 estamos observando que el 74% de las investigaciones revisadas en la tesis obtuvieron un rendimiento de más del 90% en la producción de Biodiesel, así mismo un 13 % de los estudios obtuvieron un rendimiento del 80 al 90 % de rendimiento y finalmente observamos que un 13 % obtuvieron un rendimiento que va del 70 al 80 % del rendimiento en la obtención de Biodiesel.

IV. CONCLUSIONES

En base a los objetivos establecidos, se concluye:

Objetivo 1: los aceites y grasa residuales que pueden ser aprovechados como materias primas para la producción de biodiesel son: los aceites residuales de origen vegetal tenemos: ricino, girasol y aceites usados de cocina; de origen animal tenemos: grasas de pollo, de cerdo, aceite residual de pescado.

Objetivo 2: El método de transesterificación fue el más utilizado en la producción de biodiesel.

Objetivo 3: Las variables de operación más óptimas para la producción del biodiesel fueron: alcohol más usado: Metanol, debido a su fácil accesibilidad y bajo costo; los catalizadores más utilizados: KOH, NaOH; temperatura adecuada oscila entre 60 y 65 °C; tiempo de reacción más empleado fue 1 a 4 horas; la velocidad de agitación más considerada fue de 200 a 300 rpm.

Objetivo 4: El biodiesel producido a partir de aceites usados de cocina, grasa de pollo y semillas de ricino cumplen con la mayoría de los parámetros evaluados con la norma ASTM D6751 y EN 14214 Norma Europea, como Densidad, Viscosidad Cinemática e Índice de Acidez.

El biodiesel obtenido por el 74% de las investigaciones revisadas tuvo un rendimiento de $\geq 90\%$ al $\leq 100\%$ debido a una concentración de catalizador menor al 1% y mayor relación molar de metanol/aceite.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar aceites residuales y grasas de animales como materia prima en la producción del biodiesel, pues la materia prima de segundo uso es más barato, además se contribuye con el tratamiento de residuos que pueden generar contaminación e impactos negativos en el medio ambiente.

Para una eficiente producción de biodiesel se recomienda considerar los valores de las variables de operación en la producción del biodiesel.

Se recomienda realizar más pruebas con catalizadores de origen de la naturaleza así como: huesos de avestruz, Conchas de ostras de desecho recicladas estos catalizadores no solo hace que el proceso del biodiesel sea más económico sino también es ecológico.

Se recomienda que los investigadores evalúen el biodiesel obtenido en sus estudios para tener una data sobre la calidad y rendimiento en la producción del biodiesel.

En Perú pocos tienen información sobre el uso de los aceites residuales como materia prima para la producción del biodiesel, por consiguiente es recomendable investigar nuevas tecnologías para reciclar los aceites usados para elaborar el biodiesel y de esta manera se pueda contribuir a la reducción de contaminantes en el ambiente.

REFERENCIAS

- ABDELRAHMAN, B., EMAAD, T., & MOHAMMED, A. (September de 2017). Biodiesel production from mixed non-edible oils, castor seed oil and waste fish oil. *Fuel* (210), 721-728, [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2020], doi: 10.1016/j.fuel.2017.09.009.
- ABUNDO, A. W. (2017). Eficiencia de produccion de Biodiesel derivados de aceites vegetales y animales. *tesis pregrado*. Universidad Nacionala Agraraia de la Selva- LCA, Tingo Maria, [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020], https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1607/LPFH_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- ALVA, M. A., & CIPRA, P. J. (2015). Estudio comparativo de los biodiesel, obtenidos a partir de metanol y etanol y su adaptacion a escala piloto. *Tesis de pre grado*. Universidad de Trujillo, Trujillo, [Fecha de consulta: 05 de octubre 2020] , Disponible en: https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8993/AlvaBocanegra_M%20-%20CipraObeso_P.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- ASHOK, A., KENNEDY, L., VIJAYA, J., & ARULDOSS, U. (21 May 2018). Optimization of biodiesel production from waste cooking oil by magnesium oxide nanocatalyst synthesized using coprecipitation method. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(6), 1219-1231, [Fecha de consulta: 21 de Diciembre de 2020] , Disponible en: DOI:10.1007/s10098-018-1547-x.
- ATADASHI, I. (2016). The effects of alcohol to oil molar ratios and the type of alcohol on biodiesel production using transesterification process. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 21-31, [Fecha de consulta: 3 de Diciembre de 2020], doi: 10.1016/j.ejpe.2015.06.007.

- ATHAR, M., & ZAIDI, S. (2020). A review of the feedstocks, catalysts, and intensification techniques for sustainable biodiesel production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 104520, 1-85, [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020], Disponible en: doi: 10.1016/j.jece.2020.104523.
- AYALA, Y. (2017). Obtención de Biodiesel a partir del aceite extraído de la grasa de pollo del Mercado Ceres, Ate Vitarte-2017. (*Tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2020] , Diponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/6825>.
- CAMPOS, C., DELGADO, H., ESQUIVEL, J., SAMAME, J., & SIRLUPU, J. (2017). Diseño de la linea de produccion para la elaboracion de Biodiesel a partir de aceite residual recolectado de la industria chiflera piurana. *Tesis de pregrado*. Universidad de Piura, Piura, [Fecha de consulta: 2 de enero de 2021], https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3221/PYT_Informe_Final_Proyecto_Biodiesel.pdf.
- CARO, J., CASTELLANOS, L., ROMERO, F., & RUIZ, M. (2017). Generación de Biodiesel a partir de residuos de aceites, utilizando un reactor con PLC para la automatización del proceso. *Revista de Energia Quimica y Fisica*, 4(11), 16-27, [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2020], https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol4num11/Revista_de_Energ%c3%ada_Qu%c3%admica_y_F%c3%adsica_V4_N11_3.pdf.
- CHING, J., FERNANDEZ, R., C. RODRIGUES, R., PLATA, V., ROSALES, A., TORRESTIANA, B., & TACIAS, V. G. (2020). Production and Characterization of biodiesel from il of fish waste by enzymatic catalysis. *Renewable Energy*, 153, 1346- 1354, [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2020] , doi:10.1016/j.renene.2020.02.100.
- CHUNG, Y., AMESHO, K. T., EN CHEN, C., CHENG, P., & CHIH, F. (2020). A cleaner process for green biodiesel synthesis from waste cooking oil using recycled waste oyster shells as a sustainable base heterogeneous catalyst under the microwave heating system. *Sustainable Chemistry and*

Pharmacy, 17(100310), 2352-5541 ,[Fecha de consulta: 3 de octubre de 2020] , doi: 10.1016/j.scp.2020.100310.

DAVILA, J. D., & CORTES, C. C. (2017). Obtencion de Biodiesel a partir de aceite de fritura. *Tesis de Pregrado*. Universidad Libre, Bogota,[Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2020],
[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10393/Proyecto%20de%20Grado%20BIODIESEL%20\(1\)%20\(1\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10393/Proyecto%20de%20Grado%20BIODIESEL%20(1)%20(1).pdf?sequence=1&isAllowed=y).

DE LA CRUZ, C., & TRUJILLO, C. (2017). Obtencion de Biodiesel a partir de aceite comestible residual del comedor de la Unac. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Callao, Callao, [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2020], Disponible en
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3595>.

DELGADO, H. A., ESQUIVEL, J. D., SAMAME, J. L., & SIRLUPU, J. D. (2017). Diseño de la linea de produccion para la elaboracion de Biodiesel a partir de aceite residual recolectado de la industria chiflera Piurana. *Tesis de Pregrado*. Universidad de Piura, Piura,[Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2020], Disponible en
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3221/PYT_Informe_Final_Proyecto_Biodiesel.pdf.

DHINGRA, S., BHUSHAN, G., & DUBEY, K. K. (2016). Validation and enhancement of waste cooking sunflower oil based biodiesel production by the transesterification process. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1448- 1454, [Fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020], doi:10.1080/15567036.2013.871610.

DONG, S., HYUN, U. C., CHRISTIAN, J., CHOI, Y., XU, X., & MOON, J. (2015). Biodiesel production from Scenedesmus bijuga grown in anaerobically digested food wastewater effluent. *Bioresource Technology*, 184, 215-221 ,[Fecha de consulta: 15 de diciembre del 2020]
,doi:10.1016/j.biortech.2014.10.090.

- FADHIL, A., T.B., AL, E., & ALBADREE, M. (2017). Biodiesel production from mixed non-edible oils, castor seed oil and waste fish oil. *Fuel*, 210, 721-728, [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020], doi: 10.1016/j.fuel.2017.09.009.
- FAEGHEH, M., CHEN, Y.-C., & ZHANG, G. (2019). Enzymatic transesterification for biodiesel production from used cooking oil, a review. *Journal of Cleaner Production*, 216, 117-128, [Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2020], doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.181.
- FAWAZ, E. G., & SALAM, D. A. (2018). Preliminary economic assessment of the use of waste frying oils for biodiesel production in Beirut, Lebanon. *Science of the Total Environment*, 637-638, 1230-1240, [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. ,doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.421.
- FERNANDEZ, C., BAPTITAS, M. d., & HERNANDEZ, R. (2014). *Metodologia de la investigacion* (Vol. sexta edicion). Mexico: El oso panda.
- FOROUTAN, R., MOHAMMADI, R., ESMAILI, H., BEKTASHI, F. M., & TAMJIDI, S. (2020). Transesterification of waste edible oils to biodiesel using calcium oxide@magnesium oxide nanocatalyst. *Waste Management*, 105, 373-383, [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020], doi: 10.1016/j.wasman.2020.02.032.
- GAMEEL, M., ABUKHADRA, M., ALKHALEDI, K., SHERBEENY, A., EL-MELIGY, M., TAWHID, A., & LUQMAN, M. (2020). Insight into the catalytic transformation of the waste products of some edible oils (corn oil and palm oil) into biodiesel using MgO/clinoptilolite green nanocomposite. *Molecular Catalysis*, 500, [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2020], doi: 10.1016/j.mcat.2020.111340.
- GARDY, J., OSATIASHIANI, A., CESPEDES, O., HASSANPOUR, A., XIAOJUN, L., LEE, A. F., . . . REHAN, M. (2018). A magnetically separable SO₄/FeAl-TiO₂ solid acid catalyst for biodiesel production from waste cooking oil. *Environmental*, 234, 268-278, [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2020], doi: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.04.046>.

- GURUNATHN, B., & RAVI, A. (2015). Biodiesel production from waste cooking oil using copper doped zinc oxide nanocomposite as heterogeneous catalyst. *Bioresource Technology*, 188, 124-127,[Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020], doi: 10.1016/j.biortech.2015.01.012.
- HANG, B., TUNG, C., GE, Y., CHYUAN, H., NG, J.-H., TIAN, B., . . . JOZSA, V. (2020). Progress in utilisation of waste cooking oil for sustainable biodiesel and bioject fuel production. *Energy Conversion and Management*, 223, [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2020], doi: 10.1016/j.enconman.2020.113296.
- HERNANDEZ, R., & MENDOZA, C. (2018). *Metodologia de la Investigacion*. Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill Education.
- KANT, S., GURAV, R., CHOI, T.-R., JOONG, H., YANG, S.-Y., SONG, H.-S., . . . YANG, Y.-H. (2020). Conversion of waste cooking oil into biodiesel using heterogenous catalyst derived from cork biochar. *Bioresource Technology*, 122872, [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2020],doi: 10.1016/j.biortech.2020.122872.
- LOAYZA, Y., & QUISPE, D. (2020). Revisión bibliográfica de la producción de biodiesel a partir de aceites y grasas residuales. *Tesis de pre-grado*. Universidad Cesar Vallejo, LimaEste.
- LOPEZ, L., & BOCANEGRA, J. y. (2015). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *tesis de pregrado*. Universidad Santo Tomas, Bogota,[Fecha de consulta: 2 de octubre de 2020]. , Disponible en 5461-Article%20Text-45815-2-10-20200831.pdf.
- MAHMOOD, H., IQBAL, T., HAIDER, C., JAVAID, A., & IQBAL, I. (2020). Sustainable biodiesel production from waste cooking oil utilizing waste ostrich (*Struthio camelus*) bones derived heterogeneous catalyst. *Fuel*, 277(118091), 0016- 2361 ,[Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2020] ,doi:10.1016/j.fuel.2020.118091.
- MAJID, M., MALEKI, A., & AHMADREZA, A. (2019). The use of KOH/Clinoptilolite catalyst in pilot of microreactor for biodiesel production from waste cooking

oil. *Fuel*, [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2020], doi:
10.1016/j.fuel.2019.116659.

MARCHINI, J., TELEKEN, J. G., DE CINQUE, V., & DA SILVAC, C. (2019). Biodiesel from waste frying oils: Methods of production and purification. *Energy Conversion and Management*, 184, 205-218 , [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. doi: 10.1016/j.enconman.2019.01.061.

MARTINEZ, R. A. (2019). Elaboracion y caracterizacion de Biodiesel como energia alternativa a partir de aceite de pescado. *Tesis de Pregrado*. Universidad de Ibague, Ibague,[Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020], Disponible en <https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/1288/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>.

MEDINA, M., OSPINO, Y., & TEJADA, L. (2015). Esterificacion y transesterificacion de aceites residuales para obtener Biodiesel. *Revista Luna Azul*, 40, 25-34 ,[Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020], doi: 10.17151/luaz.2015.40.3 | ISSN 1909-2474.

MOHAMMAD, A. (2021). Estrategias de selección de materias primas para biodiesel basadas en aspectos económicos, técnicos y sostenibles. *Fuel*, [Fecha de consulta: 05 de enero de 2021] , Diponible en: . doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119662>

NUR, O., RASHID, U., SUFRI, M., & TAUFIQ-YAP, Y. (2017). Esterification of palm fatty acid distillate (PFAD) to biodiesel using Bifunctional catalyst synthesized from waste angel wing shell (*Cyrtopleura costata*). *Renewable Energy*, 131, 187-196 ,[Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2020]. ,doi: 10.1016/j.renene.2018.07.031.

OLUSEGUN, D. S., MODESTUS, O. O., OLUWAYOMI, J. O., EBRAHIM, T., ASIF, A., & MOHAMMAD, K. (2020). Optimizing biodiesel production from abundant waste oils through empirical method and grey wolf optimizer. *Fuel*, 281(118701), [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2020]. doi: 10.1016/j.fuel.2020.118701.

- ONU. (17 de abril de 2017). *Cepal.org*. Recuperado el 21 de octubre de 2020, de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cambio_climatico_y_el_sector_de_energia.pdf
- ORTIZ, M. d., Pedro, G., LAGUNES, L. M., ARREGOITIA, M. I., GARCIA, R. M., & LEON, A. (2016). Obtención de biodiesel a partir de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.)Aplicación del método de ruta ascendente. *Acta Universitaria*, 26(5), 3-10,[Fecha de consulta: 10 de Octubre de 2020], doi: 10.15174/au.2016.910 ISSN: 0188-6266.
- OSORIO, M. G. (2018). Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018. *Tesis de Pregrado*. Universidad Cesar Vallejo – Ate, Lima,[Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24359>.
- OSORIO-CANUL, M., GARCÍA-MAGALLANES, G., HERRERA-LUGO, A., & NOVELO-MOO, T. (2019). Propuesta de producción de biodiesel mediante aceite vegetal usado. *Revista de Energías Renovables*, 3(11), 23-28,[Fecha de consulta: 3 de octubre de 2020]. DOI: 10.35429/JRE.2019.11.3.23.28 ISSN 2523-2881.
- PIROUZMAND, M., MAHDAVI, M., & GHASEMI, Z. (2018). One-step biodiesel production from waste cooking oils over metal incorporated MCM-41; positive effect of template. *fuel*, 216, 296-300,[Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2020]. . Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.11.138>.
- RAMIREZ, W. (2018). Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo,[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27769>.

- RAUF, F., REZA, M., HOSSEIN, E., FATEMEH, B., & SAJAD, T. (2020). Transesterification of waste edible oils to biodiesel using calcium oxide@magnesium oxide nanocatalyst. *Waste Management*, 105, 373-383 ,[Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.032>.
- RITESH., M., VIVEK, S., SUMEDH, A., ARUN, G., & VIJAYANAND, M. (2018). Ultrasound–Assisted Biodiesel Production Using Heterogeneous Base Catalyst and Mixed Non–edible Oils. *Ultrasonics Sonochemistry*, 1-45 ,[Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.11.021>.
- ROMERO, Y., CHICCHON, N., DUARTE, F., NOEL, J., RATTI, C., & NYHAN, M. (2019). Quantifying and spatial disaggregation of air pollution emissions from. *Science of the Total Environment*, 134313, 1-11,[Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134313> ISSN 0048-9697.
- ŠANEK, L., PECHA, J., KOLOMAZNIK, K., & BARINOVA, M. (2015). Pilot-scale production of biodiesel from waste fats and oils using tetramethylammonium hydroxide. *Waste Management*, 48, 630-637,[Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.005>.
- SHARMA, A., KODGIRE, P., & SINGH, S. (2020). Investigation of ultrasound-assisted KOH and CaO catalyzed transesterification for biodiesel production from waste cotton-seed cooking oil: Process optimization and conversion rate evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 120982, [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2020]. Disponible en: DOI:10.1016/j.jclepro.2020.120982 ISSN 0959-6526.
- SHUANGLAN, H., YING, L., & WENGENYONG, L. (2017). Novel efficient procedure for biodiesel synthesis from waste oils with high acid value using ng 1-sulfobutyl-3-methylimidazolium hydrosulfate ionic liquid as the catalyst. *chemical engineering*, 1519-1523, [Fecha de consulta: 07 de enero de 2021], Disponible en:. doi:10.1016/j.cjche.2017.03.029

- SIMSEK, S. (2020). Effects of biodiesel obtained from Canola, sefflower oils and waste oils on. *Fuel*, 265(117026), [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2020].. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117026> ISSN 0016-2361.
- SUAREZ, W. (2019). Obtención y eficiencia de un biodiesel a partir de la grasa de cerdo *Sus scrofa domesticus* y pollo *Gallus gallus domesticus* en un mercado de Chiclayo. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo,[Fecha de consulta: e de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35916>.
- TEQUEN, E. (2017). Calidad de biodiesel a partir del porcentaje de acidos grasos libres de aceite usado. *Tesis de Pregrado*. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, [Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/11188>.
- TORRES, M. M. (2015). Obtencion de Biocombustible mediante aceites residuales de frituras al vacio de la planta de alimentos de la Universidad Tecnologica Equinoccial campus occidental. *Tesis de pregrado*. universidad Tecnologica Equinoccial, Quito,[Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/13887>.
- TORRESTIANA, B., TACIAS, V. G., & ROSALES, A. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(3), [Fecha de consulta: 29 de noviembre de 2020].Disponible en:<http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.05>.
- ULLAH, Z., BUSTAM, M. A., MAN, Z., KHAN, A. S., MUHAMMAD, N., & SARWONO, A. (2017). Preparation and kinetics study of biodiesel production from waste cooking oil using new functionalized ionic liquids as catalyts. *Renewable Energy*, 114, 755-765,[Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.08>.

- VARELA, M. y. (2016). Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigacion en Educacion Medica*, 5(19), 191-198 ,[Fecha de consulta: 17 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riem.2016.04.006>.
- VIDAL, A. I., QUINTERO, J. C., & HERRERA, I. (2016). Life cycle analysis of biosiedel production from used oil. *DYNA*, 84(201), 155,[Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.54469> ISSN 0012-7353.
- VIDIGAL, I., SIQUEIRA, A. F., MELO, M. P., GIORDANI, D. S., DA SILVA, M. L., H.S., . . . FERREIRA, A. L. (2020). Applications of an electronic nose in the prediction of oxidative stability of stored biodiesel derived from soybean and waste cooking oil. *Fuel*, 284(119024), [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119024>.
- VILLABONA, A., IRIARTE, R., & TEJADA, C. (2017). Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos grasos de procesos de fritura. *Teknos Revista Científica*, 17(1), 21-29 ,[Fecha de consulta: 8 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.25044/25392190.890>.
- VISCIDI, L. y. (noviembre de 2017). *thedialogue.org*. Recuperado el 22 de octubre de 2020, de <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2017/11/La-energia-del-transporte-en-America-Latina.pdf>
- WANG, J., YANG, H., & WANG, F. (2014). Mixotrophic Cultivation of Microalgae for Biodiesel Production: Status and Prospects. *Appl Biochemistry and Biotechnology*, 172(7), 3307-3329,[Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2020]. DOI: 10.1007/s12010-014-0729-1.
- WANG, X., QIN, X., DAOMING, L., BO, Y., & WANG, Y. (2017). One-step synthesis of high-yield biodiesel from waste cooking oils by a novel and highly methanol-tolerant immobilized lipase. *Bioresource Technology*, 235, 18-24 ,[Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2020]. Disponible en: [doi:10.1016/j.biortech.2017.03.086](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.086) PMID: 28351728.

WEN, C., YI, W., HU, L., ZHEN, F., JIE, S., HAI, T. L., & JIE, T. L. (2020). Direct production of biodiesel from waste oils with a strong solid base from alkalized industrial clay ash. *Applied Energy*, 264(114735), [Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114735> ISSN 0306-2619.

YASSIN, F., FATHY, E. K., HODA, A., LATIFA, M., SEHAM, S., & AHMED, E. (2015). Highly effective ionic liquids for biodiesel production from waste vegetable oil. *Egyptian Journal of Petroleum*, 24(1), 103- 111 ,[Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.02.011>.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE CATEGORIA MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE CATEGORIA

CATEGORÍA DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	SUB CATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Aceites y grasas residuales	Son todos aquellos aceites originados como resultado de la producción de productos comestibles, que pudieron sufrir cambios en su estructura debido a la exposición a altas temperaturas TEQUEN, Edgar (2017)	Identificar las materias primas de segundo uso que se pueden usar para la elaboración de biodiesel.	Tipos de aceites y grasas residuales	1.-Aceites residuales vegetales 2.-Grasas animales de	nominal
Procesos para la producción de biodiesel	Es una reacción química entre los triglicéridos del aceite y un alcohol con la presencia de un catalizador ácido o alcalino OSORIO, Marco (2018)	El análisis de los métodos o procesos para la producción del Biodiesel, brinda información sobre los insumos utilizados, la cantidad y el tipo	Métodos o procesos	1.-Proceso de Transesterificación. 2.- Proceso de Esterificación	nominal
Variables de operación	Las variables de las condiciones de operación de mayor importancia son la relación molar	A través de diferentes revisiones bibliográficas se analizará las variables	Variables		ordinal

	entre el alcohol y el aceite, temperatura, porcentaje de catalizador que va desde 0.25% – 6% en peso con relación al aceite ORTIZ, María del Consuelo, <i>et al.</i> (2016)	de operación más importantes para la óptima producción de Biodiesel, así mismo se identificarán los valores de temperatura, tiempo de reacción, velocidad de agitación y cantidad de alcohol más óptima para la producción de Biodiesel.		1.-Tipo y porcentaje de catalizador. 2.-Tiempo de reacción 3.- temperatura de reacción 4.- velocidad de agitación	
Calidad y cantidad de biodiesel	El rendimiento generado durante la producción del biodiesel es una respuesta inconstante manifestada por la relación molar, a través de la cantidad de biodiesel producido y la cantidad de aceite utilizado CARO, Juan Luis, <i>et al.</i> (2017)	Se analizará el nivel de cantidad y calidad del biodiesel obtenido por los investigadores utilizando la norma ASTM D6751 y EN 14214 Norma Europea.	Parámetros de calidad y cantidad de Biodiesel	1.-Densidad 2.-Viscosidad cinemática 3.-Índice de acidez 4.-Volumen del biodiesel 5.-Rendimiento.	ordinal



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), YAQUELIN LOAYZA ASTETE y DINA QUISPE OLIVERA estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES Y GRASAS RESIDUALES", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda citatextual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico otítulo profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
LOAYZA ASTETE, YAQUELIN DNI: 73018130 ORCID: 0000-0002-2123-8419	
QUISPE OLIVERA, DINA DNI: 42974825 ORCID: 0000-0003-3094-6254	