



Manual para la
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL
a partir del aceite de PIÑÓN BLANCO
(*Jatropha curcas L.*)

PNIA: 087_PI



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

PNIA
PROGRAMA NACIONAL DE
INNOVACIÓN AGRARIA



Ministerio de Agricultura y Riego

“Proyecto PNIA 087_PI:

Optimización de la producción de Biodiesel a partir de las semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*) en la Región San Martín”.

Autores:

Ing. Ronal G. Echeverría Trujillo

Ing. Thais E. Ñique Mesía

Bach. Yoel Guerrero Chiquilín

Primera Edición: Junio 2018

Hecho el Depósito Legal de la
Biblioteca Nacional del Perú
N°2018-07850

Diseño Gráfico

INIA-EEA: “El Porvenir”-SM

Fotografías

INIA-EEA: “El Porvenir”-SM

Tiraje de impresión

500 ejemplares

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación, bajo la condición de que se cite esta fuente.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTO	
PRESENTACIÓN	
INTRODUCCIÓN	
I. Biocombustibles.....	07
II. Marco legal internacional, nacional y regional.....	08
III. Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas L.</i>).....	09
IV. Distribución del fruto.....	10
V. Calidad del Aceite.....	16
VI. Proceso de producción de biodiesel.....	18
VII. Calidad del biodiesel.....	25
VIII. Pruebas del biodiesel en motor electrónico.....	30
IX. Calidad ambiental del aire trabajando al B5, B10 y B100.....	34
X. Glosario.....	35
XI. Bibliografía.....	36
PROTOCOLOS:	
🔥 PROTOCOLO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE.....	11
🔥 PROTOCOLO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL B100.....	21
🔥 PROTOCOLO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO ALIMENTADO DE BIODIESEL B50.....	32

AGRADECIMIENTO

Al Ministerio de Agricultura y Riego, por fomentar políticas de desarrollo energético mediante alternativas renovables.

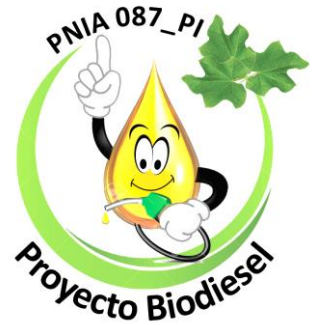
Al Instituto Nacional de Innovación Agraria- INIA, Programa Nacional de Innovación Agraria- PNIA, por el financiamiento del proyectos de inversión pública.

A la unidad ejecutora, Estación Experimental Agraria “El Porvenir”- SM.

Al equipo del proyecto, investigadores, técnicos, administrativos y personal de campo por su dedicación y esmero para cumplir con todas nuestras metas trazadas.

A los investigadores catedráticos locales y nacionales por su apoyo y experiencia brindadas durante la ejecución del proyecto.

Los autores.



PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Innovación agraria INIA mediante el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) y el Programa Nacional de Productos Agroindustriales y de Agro exportación, a través de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” San Martín, desarrolló el Proyecto “Optimización de la producción de biodiesel a partir de semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) en la región San Martín”, con el fin de contribuir en la mejora de producción del biodiesel, calidad del producto, productores dedicados al cultivo de piñón blanco y actividades agroenergéticas en la Región San Martín.

En la presente publicación damos a conocer los logros alcanzados con el desarrollo del proyecto, así como nuevas metodologías de procesamientos en extracción de aceite y producción de Biodiesel estudiadas, empleadas y evaluadas en motores electrónicos y motores de sistemas diesel llevados a altitudes mayores a los 4000 msnm para su funcionamiento. Control de calidad del producto, abalado en laboratorios acreditados y el análisis de los gases contaminantes emanados de los motores al ser alimentado con biodiesel a diferentes concentraciones.



REACTOR

INTRODUCCIÓN

El cultivo de piñón blanco es fuente principal de aceite para la producción de energías renovables, del fruto de piñón blanco podemos obtener subproductos como: aceite para uso directo en motores o como adherente al aplicar fungicidas, biodiesel para uso en motores diesel, briquetas como generadores de calor en estufas, hornos o calderas, proteínas como alimento balanceado para animales menores y jabones de aceite y de glicerina para uso veterinario. Cabe indicar que su aceite por ser tóxico, no es consumible, por lo tanto no compite dentro de los mercados de los aceites comestibles.

Los biocombustibles constituyen alternativas de energías renovables que mitigan con el medio ambiente, actualmente se viene promoviendo el desarrollo de los biocombustibles para diversificar el mercado de los combustibles, esto mediante el uso obligatorio de B5, establecido mediante la Ley N° 28054-2003, aplicado a la fecha.

La presente publicación recopila información obtenido como resultado del proyecto denominado “Optimización de la producción de biodiesel a partir de semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) en la región San Martín”, ejecutado a través de la EEA “El Porvenir” - S.M. del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

I. **BIOCOMBUSTIBLES**

Son combustibles líquidos o gaseosos producidos a partir de la biomasa, también considerada como recursos renovables que al ser procesados sirven para abastecer el funcionamiento de vehículos de transporte mediante la generación de energía.

BIODIESEL

Según la Asociación Internacional de Normativa de Calidad ASTM (American Society for Testing Materials) son mezclas de ésteres mono-alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales, cuyas materias primas son de primera generación y segunda generación.



BIOCOMBUSTIBLES DE PRIMERA GENERACIÓN

Se producen a partir de la materia prima comestible basada principal en azúcares, almidón, granos, semillas y aceites como palma aceitera, higuera, Jatropha curcas, girasol, soja, moringa, aguaje, coco, grasa animal, etc.



BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Se obtienen de los restos de cosecha, residuos agrícolas, principalmente paja y madera que contienen celulosa, se clasifican en este rubro cultivos energéticos sembrados como fuente de biomasa.

I. MARCO LEGAL INTERNACIONAL, NACIONAL y REGIONAL

Convención marco sobre cambio climático Protocolo de Kioto.

Es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y un acuerdo internación cuyo objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernaderos que generan el calentamiento global.

Ley N°28054-2003 promoción del mercado de Biocombustibles y su Reglamento con DS N°021-2007.

Establece marco general para promover el desarrollo del mercado de los Biocombustibles en el Perú sobre la base de la libre competencia y el libre acceso de la actividad económica.

Ordenanza 027-2008-GRSM/CR y su Reglamento con Decreto Regional 001-2009GRSM-PGR.

Se crea el Programa de Biocombustibles de la Región San Martín – PROBIOSAM, para cumplir con el rol promotor de desarrollo del mercado agro energético.

III. PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.).

Son plantas oleaginosas, sus frutos llegan a pesar entre los 6g a 10g; contienen semillas de color negro cuyo peso varía de 0.8g a 1.8g y la almendra que se obtienen al quitar la testa de la semilla (cubierta negra) llega a pesar de 0.52g a 0.72g, esto va depender del ecotipo trabajado.

Las semillas contienen altas concentraciones de aceite, las mismas que estan compuestas por ésteres de forbol, curcina, inhibidores de tripsina, lectinas y fitatos; por lo tanto es tóxico para su consumo.

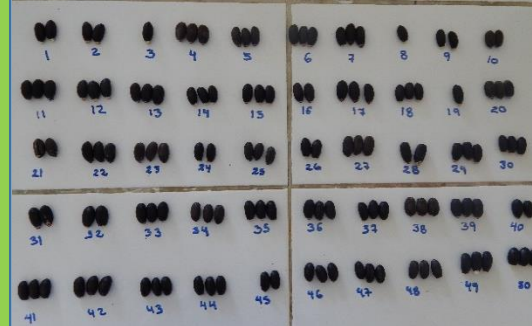
La colecta de las muestras da inicio con la cosecha de los frutos de piñón blanco en campo, el porcentaje de humedad alcanzado en la cosecha en su estado de madures fisiológica es del 25% de humedad, éste contenido de humedad tiene que bajar a un promedio de 7%, valor ideal para su extracción de aceite en la prensa expeller.

El prensado se trabaja con las semillas enteras de piñón blanco, no se destesta o descascarilla debido a que la misma testa permite la fricción y rose fluido del sin fin transportador, evitando que se obstruya la prensa expeller por partículas aglomeradas de almendra.

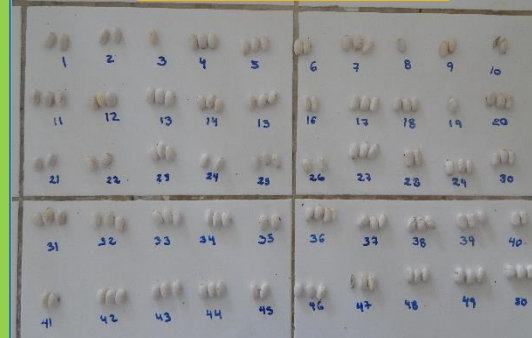
Frutos de piñón



Semillas de piñón



Almendras de piñón



IV. DISTRIBUCIÓN DEL FRUTO.

Los frutos de piñón blanco están constituidos por cáscara y semillas, estas a su vez se subdividen en almendra y testa, de la almendra se obtienen aceite extraído en prensa expeller y como residuo la torta de piñón blanco.



Fuente: EEA-El Porvenir- San Martín. Área de Pos cosecha y agroindustria.

*Valores determinados con frutos de plantaciones de 10 años.

PROTOCOLO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE.

1. COSECHA DEL PIÑÓN BLANCO

En la etapa de cosecha tener en cuenta la madurez fisiológica del fruto, la colecta de frutos en campo se realiza desde el estado pintón (estado R2) hasta el estado semiseco (estado R5), esto debido a que el fruto de piñón blanco, por ser climatérico tiende a seguir sus ciclo de madurez aún después de cosechado gracias al gas de etileno, por lo tanto en 24 horas de haber cosechado en estado pintón ya pasa al estado maduro.

Instruir al auxiliar de campo a no juntar los frutos secos de piñón blanco que hayan caído al suelo, estos contiene altos porcentajes de ácidos grasos libres y alto contenido de humedad que hacen que nuestra materia prima sea de baja calidad los cuales van a reducir nuestro rendimiento al momento de producir biodiesel.

Después de cosechar los frutos, pesar y colocar en plataformas bajo sombra para orear y secar a temperatura ambiente hasta alcanzar un promedio de 7% de humedad, una vez secos se realiza el descascarado manual o mecánico para su posterior proceso.



2. PRENSADO DEL PIÑÓN BLANCO

Las semillas de piñón blanco tienen que estar en un 7% de humedad promedio para ser sometidas a la tolva de alimentación de la prensa expeller, ésta característica mejorará la eficiencia de extracción de aceite.

El determinador de humedad manual nos permite obtener el resultado de forma instantánea.

Para el funcionamiento del equipo, programar el valor en el variador de velocidad a 60 Hz, revolución al que será sometido el transportador sin fin. Pre calentar la prensa por unos 15 minutos sin muestra antes de iniciar con el prensado.

En el proceso de prensado se obtienen dos sub productos: el aceite crudo sin filtrar y la torta de piñón blanco.

Los rendimientos alcanzados por presión mecánica en la prensa expeller en acero inoxidable son del 31% de aceite filtrado, previo tratamiento de precalentamiento de las semillas de piñón blanco por periodos de cinco minutos como máximo en el cocinador/precalentador. A condiciones ambientales (sin precalentamiento) el rendimiento alcanzado es del 28 % en aceite.



3. DECANTADO Y FILTRADO

El aceite crudo extraído se deja sedimentar por diferencia de densidades a condiciones ambientales por 24 horas, periodo ideal donde se observan dos fases definidas claramente: aceite (parte superior) y escoria (parte inferior).

El filtrado se realiza de dos formas dependiendo la cantidad de aceite crudo a filtrar:

- Con papel filtro: Este proceso se lleva a cabo en el laboratorio haciendo uso de un papel filtro de la calidad preferida por el personal.
- Con placas filtrantes para productos viscosos: Se hace uso de las placas filtrantes cuando utilizamos un filtro prensa, este proceso se realiza cuando se va filtrar grandes cantidades de aceite ya que su capacidad de filtrado es de 140 litros/hora con 8 placas en funcionamiento por uso; tener en cuenta que estas placas no pueden ser reutilizadas para el mismo fin.

Con el filtrado logramos un producto clarificado y abrigantado, libre de impurezas.

Aceite crudo recién extraído



Aceite decantado



Filtro prensa

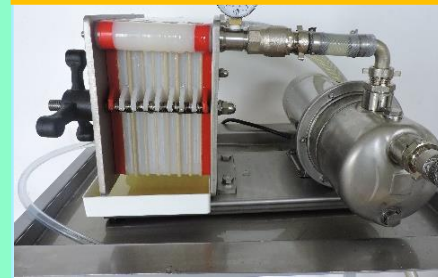
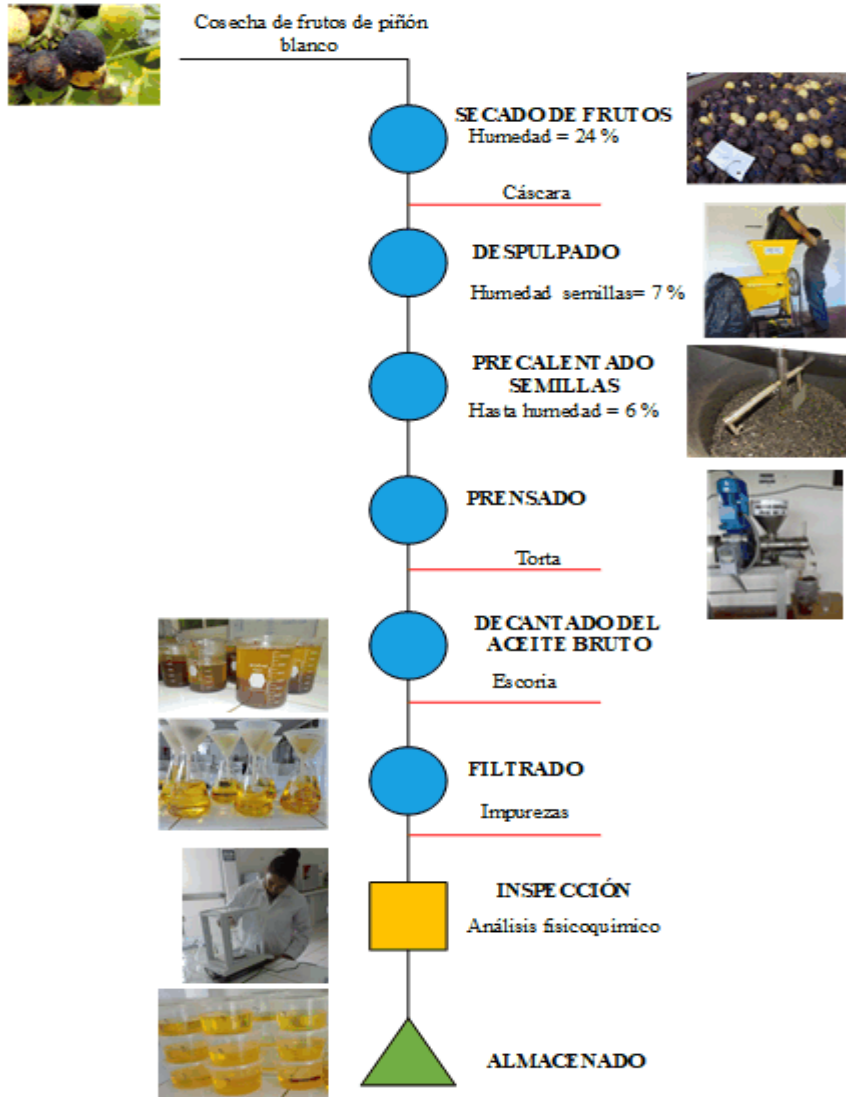


Diagrama del proceso para extracción de aceite



Para obtener un mayor rendimiento del contenido de aceite, se evaluaron tres factores dependientes: ecotipo, temperatura de precalentamiento de las semillas y velocidad de giro del sin fin transportador, factores que mediante combinación dieron como resultados los siguientes rendimientos graficados:

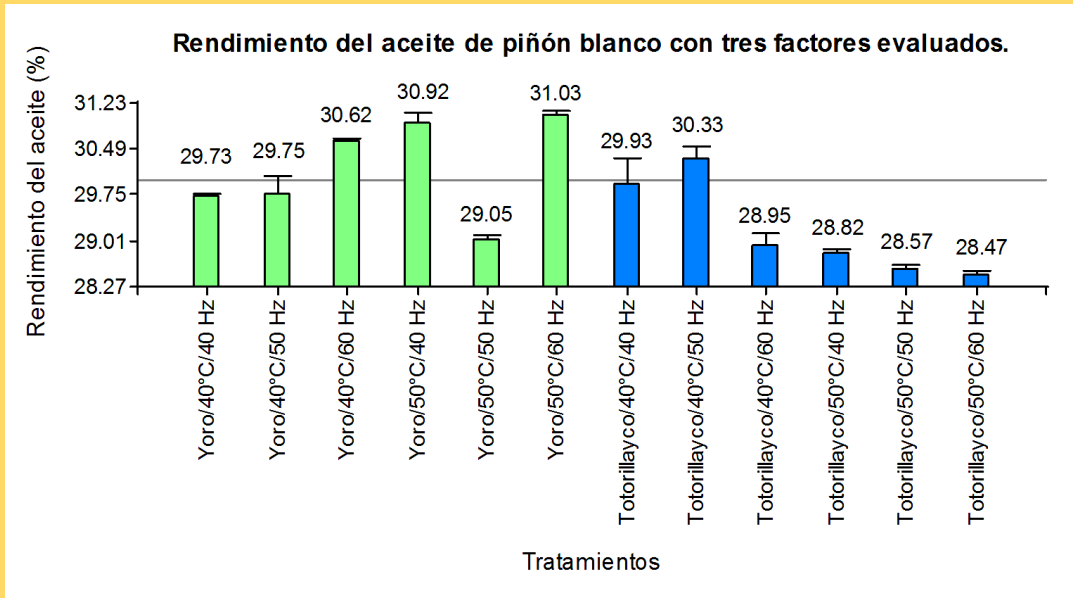


Grafico N°01. Rendimiento del aceite de piñón blanco evaluando tres factores.

En el Grafico N°01. Observamos que los rendimientos mayores al 30% se alcanzan por encima de la línea media transversal, es decir tenemos cuatro tratamientos que alcanzan rendimientos por encima del 30%, siendo el tratamiento T6 (Yoro 50°C y 60Hz) el que alcanza el mayor rendimiento de aceite extraído filtrado con 31.03%.

V. CALIDAD DEL ACEITE

La calidad del aceite va depender mucho para obtener un mayor rendimiento de biodiesel y mayor tiempo de conservación por su calidad.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Los principales análisis realizados a muestras de aceite que serán destinados a la producción de biodiesel se detallan a continuación.

✓ ÍNDICE DE ACIDEZ

Es el indicador más importante dentro del proceso de producción de biodiesel, determina el número de mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres de 1 g de aceite; éstos ácidos grasos libres reaccionan con el catalizador y forman jabones y emulsiones, lo que reduce el rendimiento del biodiesel.

Los valores normalizados del análisis de acidez son del 1% AGL o 2 mg KOH/g muestra, ideales para trabajar en el proceso de transesterificación alcanzando mayores rendimientos de producción.

Metodología empleada Ca 5a-40 (AOCS, 2003).



✓ ÍNDICE DE PERÓXIDO

Son los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada. El índice de peróxido mide el grado de oxidación primaria que ha sufrido la grasa.

La oxidación de las grasas es uno de sus principales causas de su deterioro el cual da lugar a la aparición de olores y sabores desagradables (rancio).

La metodología empleada fue Cd 8b-90 (AOCS, 2003).



✓ ÍNDICE DE YODO

Mide el grado de insaturación de los componentes de una grasa, es el número de miliequivalentes absorbidos por 100 partes de peso de aceite.

Para tener una idea, un IY saturado tiene un IY=0, si a mayor número de insaturaciones, el punto de fusión del aceite es menor, asimismo a mayor grado de insaturación menor índice de cetano.

La metodología empleada fue CD-1d 92 (AOCS, 2003).



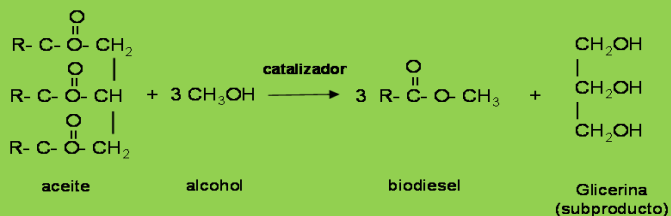
✓ ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Mide el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar 1 g de aceite en su totalidad. Éste indicador se utiliza para estimar el peso molecular promedio del aceite utilizado.

La metodología empleada fue Método Cd 3-25 (AOCS, 2003).

VI. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL

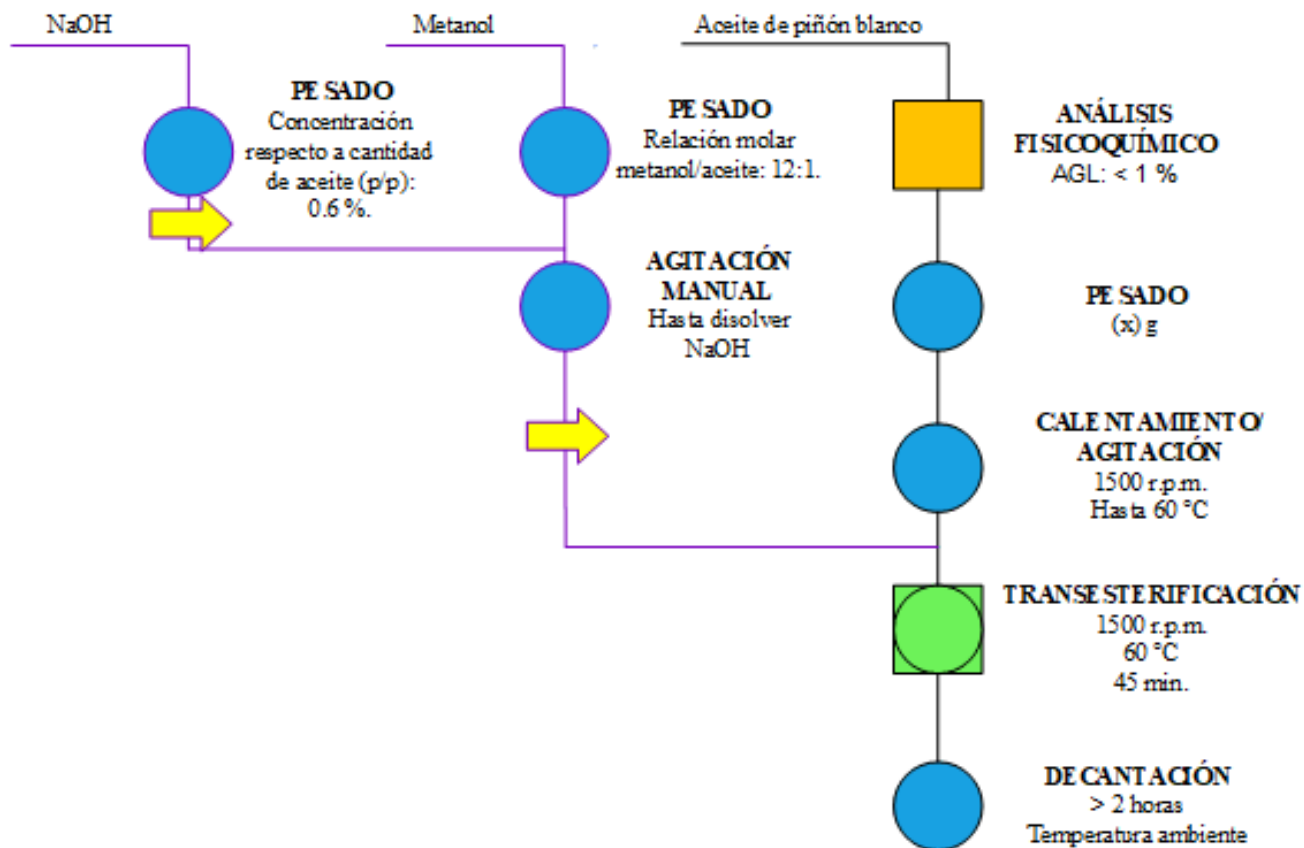
El Biodiesel es el resultado de la reacción química del proceso de transesterificación alcalina de un aceite (vegetal o animal) más un alcohol en presencia de un catalizador (NaOH ó KOH) a temperaturas controladas. Este proceso genera un subproducto llamado propanotriol conocido como glicerina.



Sin embargo, en la práctica se necesita más de tres alcoholes por cada aceite para que la reacción sea completa, de lo contrario el producto obtenido no será biodiesel puro.

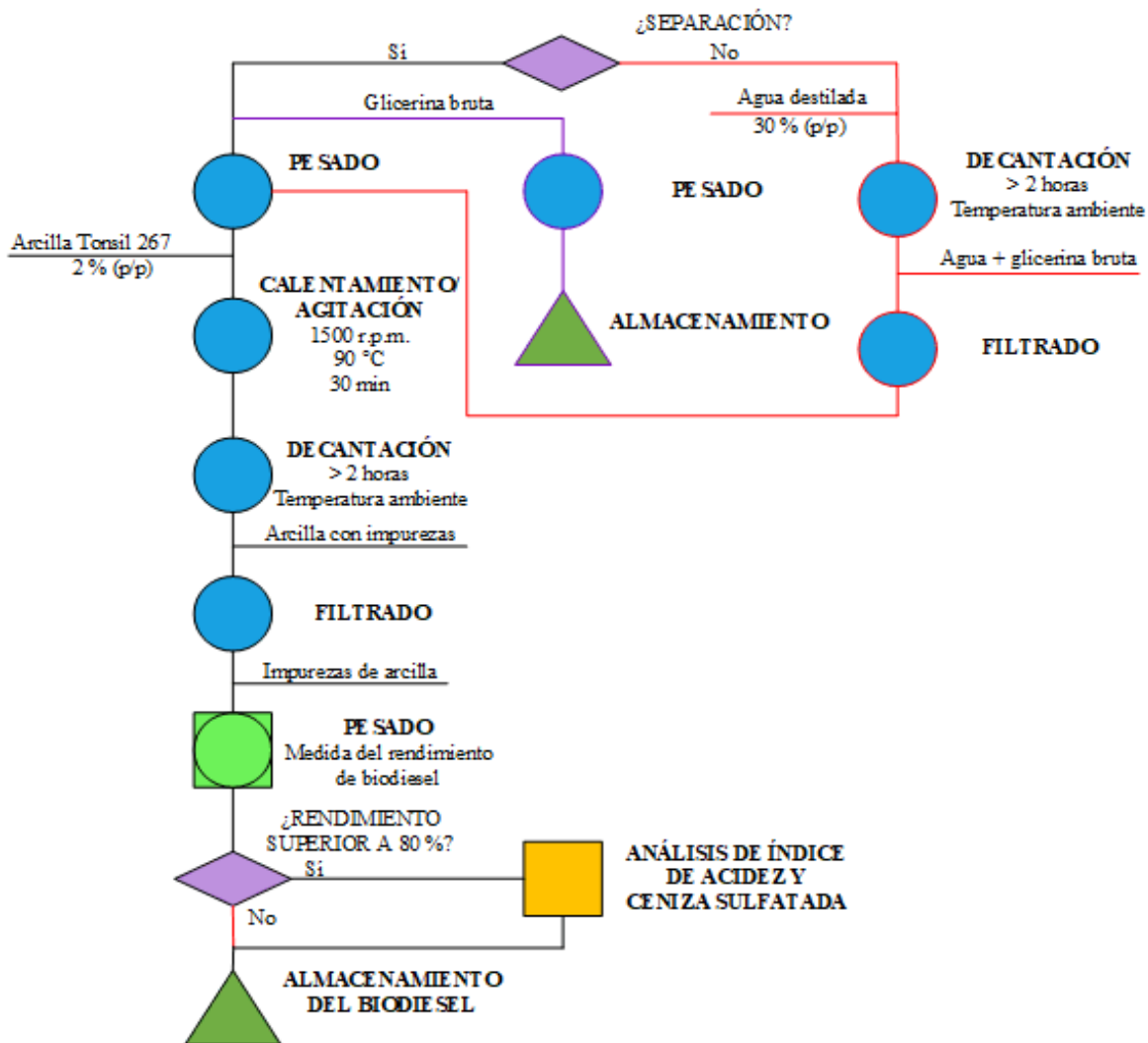


Diagrama del proceso para producción del biodiesel



Continuación...

Continuación...



PROTOCOLO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL B100.

1. REACTANTES

- **Aceite:** Usar aceite vegetal cuya característica más importante es presentar bajo índice de acidez, <1%AGL ó <2mgKOH/g aceite.
- **Alcohol:** El metanol, también conocido como alcohol metílico (CH_3OH), reacciona mejor en el proceso, la cantidad utiliza es en relación 12:1 de metanol/aceite.
- **Catalizador:** Se emplean catalizadores alcalinos, NaOH, usar en relación al 0.6%.
Los cristales de NaOH deben ser disueltos en el alcohol hasta su totalidad antes de ser incorporados al aceite.
- **Arcilla tonsil 267:** es una arcilla activa utilizada para purificación de aceites a través de la adsorción de las sustancias colorantes como carotenos, xantofilas (rojo) y clorofila (verde).
- Usar el 2%.



2. PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN

- Colocar el aceite con baja acidez en un reactor cerrado (puede ser en un vaso de precipitado, matraz erlenmeyer o equipo reactor) someter a una temperatura de 60°C.
- Cuando el aceite alcanza la temperatura indicada, adicionar el metanol con NaOH disuelto y dejar reaccionar por 45 minutos en agitación constante.

3. DECANTADO/SEPARACIÓN

- Pasado el tiempo de reacción, dejamos sedimentar por 2 horas en una pera de decantación (superficie semi abierto) o en el mismo equipo reactor.
- En esta etapa se observa dos fases formadas, el biodiesel y la glicerina; por diferencia de densidades, separamos.

4. PURIFICADO/DECANTADO

- En este proceso trabajamos sólo con el biodiesel obtenido en el proceso de separación, colocamos en un matraz de erlenmeyer e incorporamos la arcilla tonsil 267 (2%) y llevamos a 90°C por 30 minutos en constante agitación.



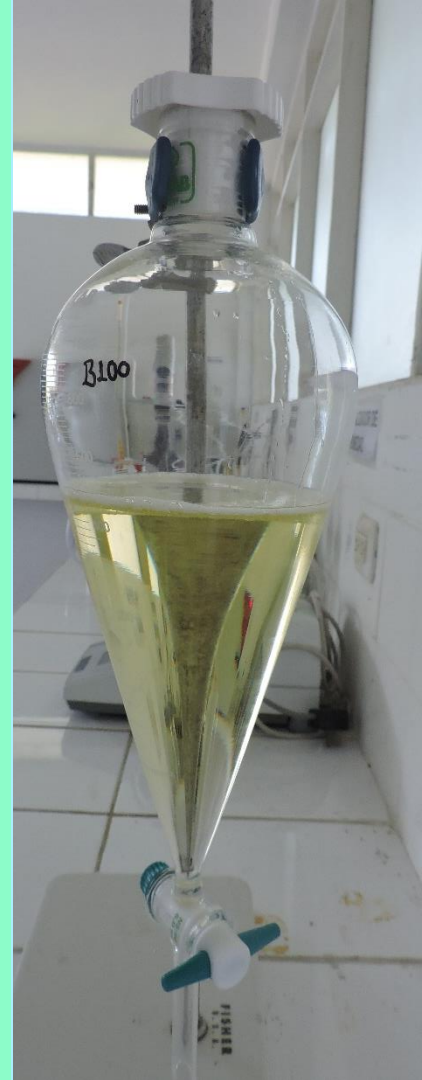
- Pasado este tiempo dejamos decantar por 2 horas.
- El proceso permite sedimentar la arcilla contenido impurezas, humedad, trazas de catalizador y otros.

5. FILTRADO

- Se realiza cuando la muestra purificada de biodiesel se encuentre frío.
- Tomamos un papel filtro montado sobre un embudo, apoyado de un soporte universal y empezar a filtrar colocando poco a poco.
- Si se van a filtrar cantidades mayores, lo recomendable es hacerlo en un filtro prensa.
- Al finalizar el proceso se obtiene un producto clarificado, libre de impurezas.

6. CONTROL DE CALIDAD

- Se realizan los análisis físicos y químicos al biodiesel obtenido con el fin de asegurar su calidad.
- Los valores a obtener deben estar dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 321.125 2008.



Los factores evaluados en la producción de biodiesel que presentaron mejor comportamiento fueron la relación molar alcohol/aceite 12:1, concentración de catalizador 0.6% con un tiempo de reacción de 45 minutos. (**Grafico N°02**).

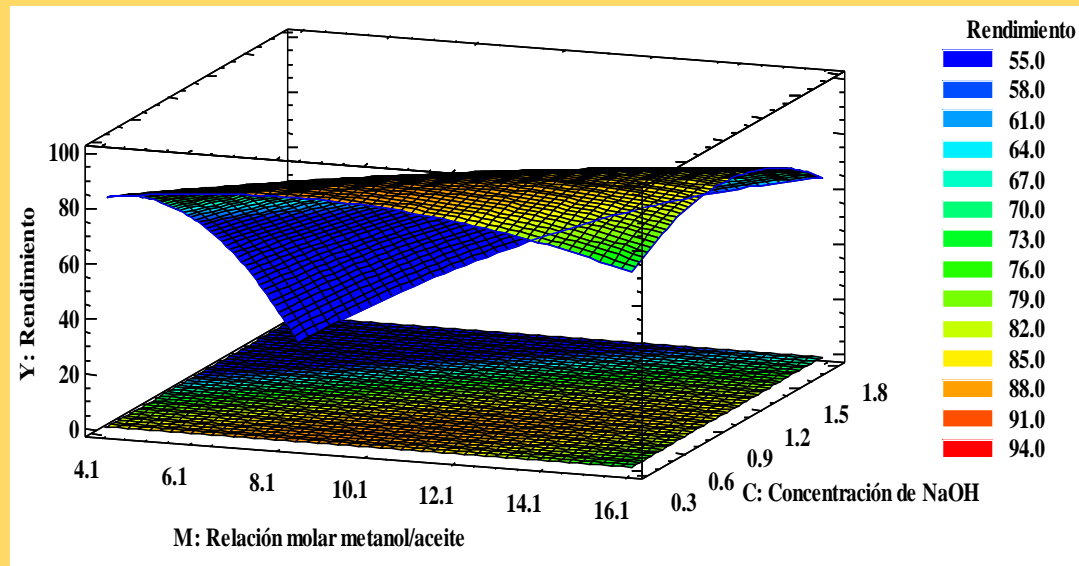


Grafico N°02. Superficie de respuesta del rendimiento de biodiesel (%) en función de los factores estudiados.

En el Grafico N°02 observamos el valor de rendimientos de biodiesel que se logran obtener al proyectar mediante la interacción de factores estudiados de relación molar metanol/aceite, concentración de NaOH y tiempo de reacción.

La escala de rendimientos del biodiesel van de menor (color azul) a mayor (color rojo) según muestra la leyenda de la margen derecha del gráfico.

VII. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL BIODIESEL

La calidad del biodiesel debe cumplir con las normas técnicas establecidas y aprobadas por cada país que reglamentan el uso de biodiesel. En Perú nos regimos a la NTP 321.125 2008.

Tabla 1. Normas técnicas de calidad para el biodiesel (B100)

Propiedad	NTP 321.125	Norma Europea (EN 14214)	Unidades
Contenido de calcio y magnesio, combinado	5 Máx.		ppm ($\mu\text{g/g}$)
Punto de inflamación. (Copa cerrada)	93 Min	120 Min	$^{\circ}\text{C}$
Control de Alcohol (uno de los siguientes debe ser cumplido:)			
1. Contenido de Metanol	0.2 Máx	0.2 Máx	% volumen
2. Punto de inflamación.	130,0 mín	120,0 mín	$^{\circ}\text{C}$
Agua y sedimento	0.050 Máx		% volumen
Viscosidad cinemática a 40°C	1,9 - 6,0 (b)	3.5 - 5	mm^2/s
Densidad a 15°C		860 - 900	Kg/m^3
Ceniza sulfatada	0.020 Máx	0.02	% masa
Azufre ©	0.005 Máx. (50) (1)	10 Máx (2)	% masa ppm(1) mg/kg (2)
Corrosión a la lámina de cobre	N°3		
Número de Cetano	47 min.	51	
Punto nube	Reportar (d)		$^{\circ}\text{C}$
Residuo de carbón (e)	0,050 Máx	0,30	% masa
Número de acidez	0.50 Máx	0.50 Máx	Mg OH/g
Glicerina libre	0,020 Máx		% masa
Glicerina total	0,240 Máx		% masa
Contenido de fósforo	0,001 Máx.		% masa
Temperatura de destilación Temperatura del 90% recuperado equivalente a presión atmosférica.	360 Máx.		$^{\circ}\text{C}$
Contenido de sodio y potasio, combinado	5 Máx.		ppm ($\mu\text{g/g}$)
Estabilidad a la oxidación	3 min.	6 mín	horas
Contenido de éster		96.5 mín	% peso
Monoglicéridos		0.8 máx	% peso
Diglicéridos		0.2 máx	% peso
Triglicéridos		0.2 máx	% peso

Fuente: NTP 21.125 2008/ EN 14214

Los principales parámetros de calidad determinados fueron:

7.1. PROPIEDADES QUÍMICAS

✓ ÍNDICE DE ACIDEZ

Determina el nivel de ácidos grasos libres que pueden estar presentes en el biodiesel. Altos índices de acidez han sido asociados a depósitos en el sistema de combustible y a una menor vida útil de bombas y filtros de combustible.

Metodología empleada ASTM D 664.

✓ CENIZAS SULFATADAS

Determina los residuos de cenizas que puedan quedar como residuo en el biodiesel, éstos pueden estar presente como sólidos abrasivos, jabones metálicos solubles o catalizadores no removidos, los que contribuyen a formar depósitos en los inyectores o en todo el sistema de combustible causando desgaste en los inyectores, bomba de combustible, pistones y anillos.

Metodología empleada ASTM D 874.



✓ RESIDUO DE CARBON

Esta prueba sirve para medir la tendencia de un combustible a depositar carbón al ser calentado en un bulbo bajo metodologías descritas en la NTP. Si bien no está directamente correlacionada con los depósitos en el motor, esta propiedad se considera una aproximación.

La formación de depósitos carbonosos en el biodiesel puede darse por una transesterificación incompleta u oxidación del B100 durante su almacenamiento. Metodología empleada ASTM D 4530.

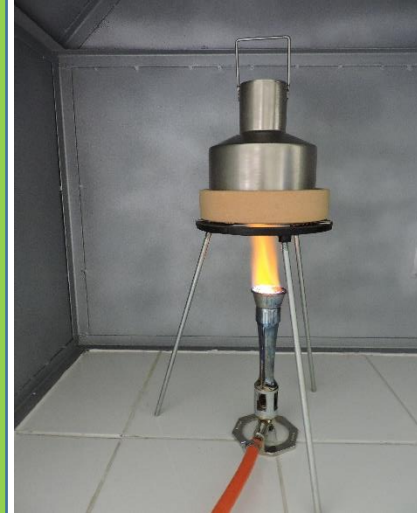
7.2. PROPIEDAD FÍSICA

✓ VISCOSIDAD

Es una medida de la resistencia del combustible a fluir. La viscosidad del biodiesel desciende con el incremento en la insaturación del aceite y el descenso del peso molecular de sus ácidos grasos libres.

Cuando la temperatura del aceite se incrementa, su viscosidad disminuye, lo que le hace capaz de fluir con facilidad; esta característica es muy importante para zonas con bajas temperaturas.

Metodología empleada ASTM D 445.



7.3. CALIDAD DEL BIODIESEL

Con la finalidad de contar con resultados oficiales para el proyecto, los análisis de calidad se realizaron en SGS del Perú S.A.C, Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL.

Los resultados obtenidos se observan en las siguientes tablas:

Tabla N° 02. Calidad del biodiesel a relación molar de 12:1 alcohol/aceite, 0.6% catalizador y 45´ reacción (Tesis).

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL: CA1801159.001		
MUESTRA: Análisis del Biodiesel de la Tesis (ABT)		
ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADO UNITS
Azufre	ASTM D 5453 - 16e1 (2016)	<1.0 mg/kg
Contenido de éster	UNE-EN-14103:2011 (2011)	97.2% m/m
Metanol	UNE- EN- 14110:2003 (2003)	<0.01 % m/m
Contenido de Agua y Sedimentos (*)	ASTM D 2709- 16 (2016)	0.02 %v/v
Glicerina libre y total en Biodiesel B100 ester metílico	ASTM D 6584 - 17 (2017)	0.080 %m/m
Contenido Glicerina Total		
Fuente: SGS del Perú S.A.C. Mayo 2018		

Tabla N° 03. Calidad del biodiesel a relación molar de 6:1 alcohol/aceite, 0.6% catalizador y 75´ reacción (Teórico).

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL: CA1801160.001		
MUESTRA: Análisis del Biodiesel de la Tesis (ABT)		
ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADO UNITS
Contenido de éster	UNE-EN-14103:2011 (2011)	96.8% m/m
Fuente: SGS del Perú S.A.C. Mayo 2018		

Tabla N° 04. Calidad del biodiesel a relación molar de 12:1 alcohol/aceite, 0.6% catalizador y 45´ reacción (Proyecto).

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL: CA1801158.001			
MUESTRA: Análisis del Biodiesel del Proyecto (ABP)			
ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADO UNITS	
Cenizas (*)	ASTM D 482-13(2013)	0.003%/m	
Poder calorífico bruto (*)	ASTM D 4868 - 17 (2017)	45.07MJ/kg	
Corrosión a la lámina Cobre (3h/50°C)	ASTM D 130 -12 (2012)	1a Rating	
Densidad relativa (SG) a 60/60°F	ASTM D 1298-12 b (2017)	0.8798 - - -	
Gravedad API a 60°F	ASTM D 1298 - 12b (2017)	29.3 °API	
Azufre	ASTM D 5453 - 16e1 (2016)	<1.0 mg/kg	
Punto de inflamación PMCC	ASTM D 93 - 16a (2016)	183.0°C	
Contenido de éster	UNE-EN-14103:2011 (2011)	97.0% m/m	
Metanol	UNE- EN- 14110:2003 (2003)	<0.01 % m/m	
Carbon Conradson (*)	ASTM D 189- 06	0.02 %m/m	
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D 445 - 17a (2017)	4.352 cSt	
Contenido de Agua y Sedimentos (*)	ASTM D 2709- 16 (2016)	0.10 %v/v	
Agua (*)	ASTM D 95- 13e1 (2013)	0.1%v/v	
Número Ácido (*)	ASTM D 974 - 14 e2(2014)	0.60 mg KOH/g	
Glicerina libre y total en Biodiesel	ASTM D 6584 - 17 (2017)		
B100 ester metílico			
Contenido glicerina libre			0.017 % m/m
Contenido Mono-Glicéridos			0.270 %m/M
Contenido Di- Glicéridos			<0.050 % m/m
Contenido Triglicéridos			0.043 % m/m
Contenido Glicerina Total	0.095 % m/m		
S12-Punto de Nube (*)	ASTM D 2500- 16b (2016)	5°C	

Fuente: SGS del Perú S.A.C. Mayo 2018

VIII. PRUEBA DEL BIODIESEL EN MOTOR ELECTRÓNICO

Se realizaron pruebas de concepto en un motor electrónico CATERPILLAR modelo 3046 ENGINE funcionando en una excavadora.

Las concentraciones de Biodiesel puesto a prueba fueron B5, B10, B20, B50, B80 y B100 donde se evaluaron potencia, rpm y % en funcionamiento del motor.

- ✓ Características del lugar de prueba:

UBICACIÓN DE LUGAR DE PRUEBA: BANDA DE SHILCAYO – SAN MARTÍN- SAN MARTÍN-PERU

ALTITUD: 265 MSNM (869 PIES)

TIEMPO DE PRUEBA: 10 minutos para BX_M y BX_E .

60 minutos para $B5_M$, $B50_M$ y $B100_M$
(tiempo para captar emisiones contaminantes emitidos por el motor).

Tabla N° 05. Características del motor a prueba.

	RPM	KW	
	1810 RPM	110.3 KW	CEILING
PARAMETROS DE MOTOR A PRUEBA	1800RPM	107 KW	NOMINAL
	1790RPM	103.7KW	FLOOR



Tabla N°06. Valores del motor en funcionamiento con concentraciones de Biodiesel producido con metanol.

BIODIESEL	RPM	POTENCIA KW	%
B5M	1803	107.18	100.17
B10M	1801	107.06	100.06
B20M	1800	107	100
B50M	1798	106.88	99.88
B80M	1795	106.7	99.7
B100M	1626	96.66	90.33

Tabla N°07. Valores del motor en funcionamiento con concentraciones de Biodiesel producido con etanol.

BIODIESEL	RPM	POTENCIA KW	%
B10E	1803	107.18	100.17
B20E	1802	107.11	100.10
B50E	1786	106.17	99.23
B80E	1780	105.81	98.88
B100E	1455	86.49	80.83

El mejor funcionamiento en motores se logra con B5M, B10M, B20M, B50M, B80M y B10E, B20E valores que cumplen con las características del motor descritos en la Tabla N°05.



PROTOCOLO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO ALIMENTADO DE BIODIESEL B50.

Características del lugar de prueba:

UBICACIÓN DE LUGAR DE PRUEBA: TICLIO – CHICLA-
HUAROCHIRI- LIMA-PERU

ALTITUD: 4818 MSNM (15 807 PIES)

COORDENADAS: 11°35'55" S 76°11'35" O
-11.5986, 761931

CORDILLERA: ANDES

RUTA: CARRETERA CENTRAL

DISTANCIA DE RECORRIDO APROX: 10 KM CUESTA ARRIBA

PASOS A SEGUIR PARA CONECTAR EL B50 DIRECTO AL MOTOR:

PASO N° 1: Desconectar la cañería de combustible de alimentación del taque de combustible del vehículo hacia el motor.

PASO N°2: Conectar una cañería de combustible desde el depósito de biodiesel B50 con la cañería de combustible de alimentación del motor.



PASO N°3: Purgar el sistema de combustible manualmente con ayuda de la bomba de cebado del motor.

PASO N° 4: Hacer funcionar el motor por 30 a 60 segundos al ralentí bajo para expulsar el combustible B5 acumulado en los accesorios hacia el tanque de combustible del vehículo.

PASO N° 5: Desconectar la cañería de combustible de retorno del motor hacia el tanque de combustible del vehículo.

PASO N° 6: Conectar una cañería de combustible desde el depósito de biodiesel B50 con la cañería de combustible de retorno del motor.

PASO N° 7: Realizar el recorrido del vehículo en altura y comprobar su rendimiento cuesta arriba por unos 10 km

PASO N°8: Retornar las cañerías de combustible a su posición inicial e ingresar el excedente de combustible B50M directamente al tanque de combustible del vehículo.



IX. CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE TRABAJANDO AL B5, B50 Y B100.

Las pruebas se realizaron en un motor CATERPILLAR electrónico alimentado con tres concentraciones de biodiesel (B5, B50 y B100) a una distancia de 10 metros del cual se tomaron las muestras para analizar la calidad ambiental del aire dentro del área determinado.

Las muestras fueron tomadas con equipos de tren de muestreo para luego trasladar al laboratorio acreditado ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. para su respectivo análisis de calidad.

Tabla N°08. Cuadro comparativo de resultados de la calidad del aire con el D.S. N° 003-2007-MINAM.

Parámetros Analizados	INFORME M-18-1569			Decreto Supremo N° 003-2017- MINAM	
	Unidad	M-4427 (B5)	M-4428 (B50)		M-4429 (B100)
Partícula (PM-2.5)	µg/m3	5.06	6.69	5.14	50
Monóxido de Carbono (CO)	µg/m3	910.75	945.2	1045.3	10,000
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	µg/m3	1431.15	1485.28	1642.58	200
Dióxido de Azufre (SO2)	µg/m3	7.95	7.81	8.1	250
Hidrogeno Sulfurado (H2S)	µg/m3	13.8	13.45	13.5	150
Hidrocarburos Totales (Hexano)	µg/m3	0.008	0.009	0.009	-



X. GLOSARIO

- * **Biomasa:** Materia orgánica de origen vegetal o animal que sirven para generar energía.
- * **Energía Renovable:** Son fuentes de energía limpia naturales e inagotables.
- * **Etileno:** Gas natural responsable de la maduración de frutas y verduras.
- * **Sedimentar:** Proceso en que los sólidos suspendidos de un fluido posan en el fondo de material contenido.
- * **Neutralizar:** Disminuir o anular el efecto de elementos extraños en el alcohol mediante titulación con NaOH.
- * **Fusión:** Cambio de estado de la materia del sólido al líquido por la acción del calor.
- * **Insaturado:** Compuesto químico que contiene enlaces carbono-carbono doble o triple.
- * **Fase:** Es el estado de un compuesto diferenciado en un determinado proceso.
- * **Potencia:** Es el trabajo efectuado en un tiempo controlado.
- * **BX_M:** Biodiesel producido con metanol a concentraciones (x).
- * **BX_E:** Biodiesel producido con etanol a concentraciones (x).
- * **Purgar:** Limpiar o expulsar residuos del material a usar.
- * **Ralentí:** Número de revoluciones por minuto del motor de un vehículo cuando no está acelerado.

XI. BIBLIOGRAFIA

- 💧 CASTRO, P., & COELLO, J., & CASTILLO, L. (2007). *Opciones para la producción y uso del Biodiesel en el Perú*. Lima, Perú. Primera edición.
- 💧 ECHEVERRÍA, R., & SANCHEZ, V., & VALLES, A., & GONZALES, L., & SHAPIAMA, C., & PALOMINO. (2016). *Tecnologías para la producción del cultivo de Piñón Blanco*. San Martín, Perú. Primera Edición.
- 💧 I Simposio Internacional de Biocombustibles. Construyendo Independencia Energética. Octubre 2013- Tarapoto, San Martín, Perú.
- 💧 LEYVA, C. (2011). *Subproductos generados en el proceso de producción de Biodiesel a partir de aceite de tempate*. San Salvador, El Salvador. Primera Edición.
- 💧 Norma Técnica Peruana NTP 321.125 (2018) “*Biocombustibles. Biodiesel. Especificaciones*”. 1ª Edición.



Innovación y Tecnología



Instituto Nacional de Innovación Agraria



Carretera Fernando Belaunde Terry km. 13.5- Juan Guerra
Jr. Martínez de Compagnón N° 1035- Tarapoto
Telefax: (042) 522291
www.inia.gob.pe
e-mail: elporvenir @inia.gob.pe