

**RECICLAJE DE ACEITE VEGETAL DE FRITURAS PARA USO COMO
BIOCOMBUSTIBLE EN MOTORES DIESEL EN DIFERENTES PROPORCIONES**
**Christian Ávila¹, Juan Tunala², Germán Erazo³, Luis Mena⁴, Román
Rodríguez⁵**

Consortio CONSRMIN / Universidad de Fuerzas Armadas ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maéna s/n
email: chrisandyy@hotmail.com¹, jucat101@hotmail.com², wgerazo@espe.edu.ec³,
lamena@espe.edu.ec⁴, rrodriguez@espe.edu.ec⁵
Latacunga – Ecuador
Energía Mecánica Innovación y Futuro 2014, No.3 (10)

RESUMEN

La presente investigación consistió en realizar un levantamiento estadístico acerca del uso y disponibilidad de aceite de cocina usado en la ciudad de Latacunga; con la finalidad de darle utilidad como materia prima para la elaboración de biocombustible.

Para la obtención del biodiesel se diseñó y construyó un prototipo de reactor semiautomático con la ayuda de software de diseño gráfico como SolidWorks y Ansys, que determinan la fiabilidad de la máquina, considerando la compatibilidad de materiales del reactor, con las sustancias que interviene en el proceso.

Mediante la investigación del proceso químico de transesterificación se determina la cantidad de catalizador y metanol para convertir el aceite vegetal en biodiesel. Este biocombustible es sometido a ensayos de caracterización físico-químicas para dar cumplimiento con las normativas de calidad. Posteriormente se aplica en el motor Isuzu diesel en diferentes porcentajes para desarrollar pruebas mecánicas de torque, potencia, consumo de combustible y opacidad con el propósito de recomendar su utilización.

ABSTRACT

The present investigation consisted of carrying out a statistical analysis on the use and availability of home-used oil in Latacunga in order to give it utility as raw material for the elaboration of biofuel.

For obtaining the biofuel, the semi-automatic reactor prototype was design and built with the assistance of Graphic Design SolidWorks Software and Ansys, which determine the reliability of the machine, considering the compatibility of the of the reactor materials with the substances that intervene in the process.

Through the chemical investigation process of transesterification, it was possible to determine the quantity of the catalyzer and methanol to convert the vegetable oil into biodiesel. This biofuel is subjected to physical and chemical characterization tests in order to meet the quality standards. Afterwards, it was applied in the Isuzu diesel motor at different percentages to carry out torque mechanical tests, power tests, fuel consumption, and opacity in order to recommend its utilization.

I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento atmosférico es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial, las reservas de petróleo son agotables, ello obliga a buscar fuentes de energías alternativas que sean renovables y con efectos beneficiosos para el medio ambiente.

Un combustible ecológico llamado Biodiesel a partir de aceite de frituras llega como una interesante alternativa, es de origen vegetal y además permite disminuir la contaminación hídrica.

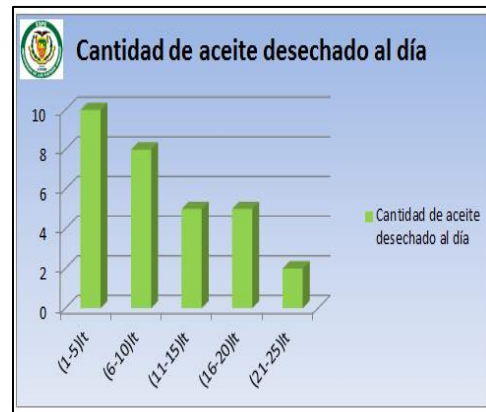
La utilización de este biocombustible presenta beneficios ecológicos, mecánicos y económicos, por lo que se vuelve innegable la utilización del mismo; además, para su utilización no se deben realizar ninguna adaptación al vehículo.

Para garantizar la calidad del biocombustible debe estar regido por normas de calidad como la EN 14214 y ASTM 6751.

II. LEVANTAMIENTO ESTADÍSTICO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS ACEITES USADOS

El levantamiento estadístico se aplicó a una muestra de 30 establecimientos de comida rápida con la finalidad de obtener como dato la cantidad de aceite que desechan al día y conocer su disponibilidad como materia prima para la producción de biodiesel.

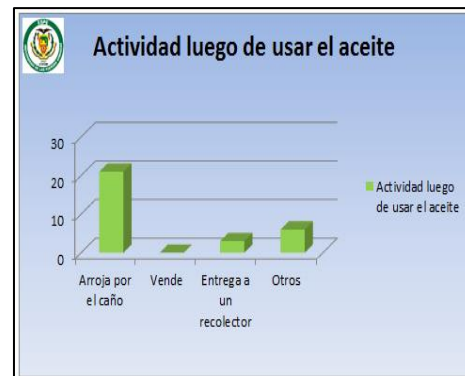
En la figura 1, se puede constatar que 10 establecimientos de los encuestados desechan en un promedio de 1 a 5 litros de aceite al día, El promedio de aceite desechado diariamente es de 280 lt entre todos los locales de comida encuestados. Con esta cantidad de aceite se puede realizar un total de 6 procesos y obtener 250 lt de biodiesel.



Fuente: Investigadores
Figura 1. Cantidad de aceite desechado al día

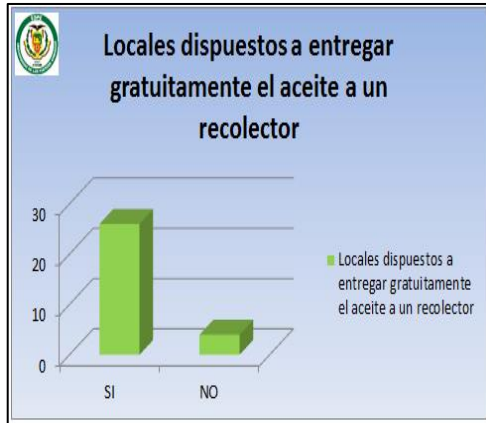
La figura 2 determina que el 70% de los locales de frituras arrojan el aceite por el caño, mientras que el 30 % lo entregan a un recolector o realiza otra actividad con él.

Es importante concientizar a la comunidad sobre la contaminación que provoca arrojar aceite y la afectación que se produce a las fuentes hídricas.



Fuente: Investigadores
Figura 2. Actividad luego de usar el aceite

El 86.6 % de los locales encuestados están dispuestos a entregar el aceite de forma gratuita, con un promedio de recolección de 240lt de aceite al día, esta colaboración es importante para la presente investigación.

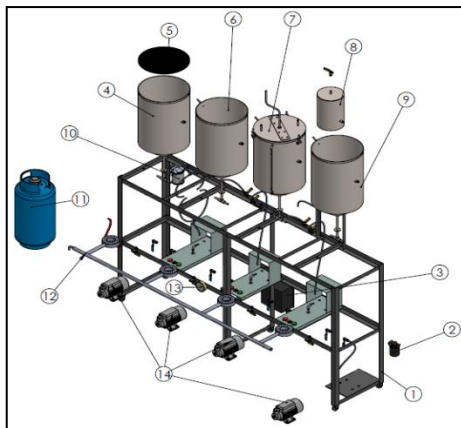


Fuente: Investigadores

Figura 3. Cantidad de locales dispuestos a entregar el aceite a un recolector

III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR PARA BIODIESEL

El bioreactor fue diseñado y construido con las siguientes partes:



Fuente: Investigadores

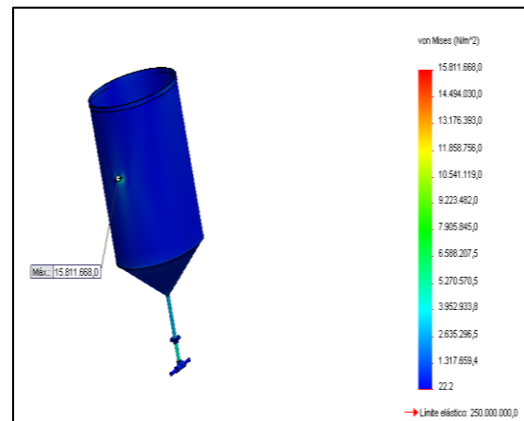
Figura 4. Elementos del reactor

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Estructura | 2. Filtro primario |
| 3. Caja eléctrica | 4. Depósito de filtrado |
| 5. Malla | 6. Depósito de deshidratado |
| 7. Depósito de reacción | 8. Depósito de metóxido |
| 9. Depósito de Lavado | 10. Filtro secundario |
| 11. Cilindro de gas | 12. Quemadores |
| 13. Termómetro | 14. Bombas |

Para la elaboración de cada elemento se realizó un análisis cauteloso de las fuerzas

estáticas a las que están sometidos, para garantizar seguridad en el proceso.

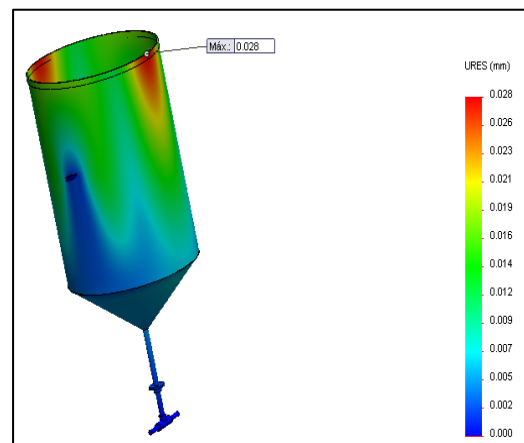
La tensión máxima a la que están sometidos los depósitos es 15811.688 Pa (0.1613 bar) ubicada en los puntos de apoyo, mientras que el límite elástico del material es 250000000Pa (2551.02 bar), por ende el diseño y material de fabricación son los correctos.



Fuente: Investigadores

Figura 5. Esfuerzo de Von Mises en los depósitos

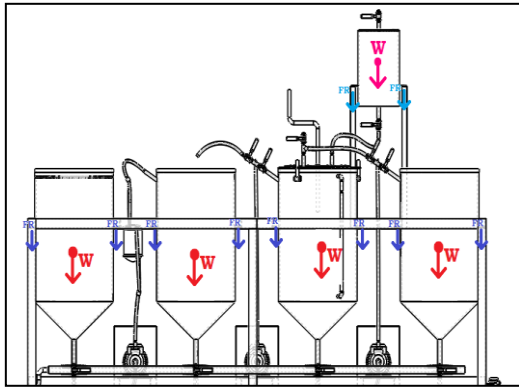
El desplazamiento máximo se ubica en la parte superior de los depósitos, teniendo una magnitud 0.028 mm que representa la parte roja del figura 6.



Fuente: Investigadores

Figura 6. Desplazamientos en los depósitos grandes

Con respecto al diseño de la estructura se realiza un diagrama de cuerpo libre, aplicando todas las fuerzas a las que está sometido (peso de depósitos, peso de fluidos, puntos de apoyo, etc.)



Fuente: Investigadores

Figura 7. Fuerzas resultantes en la estructura

Fuerza resultante de depósitos grandes
 $W_{dg}=594.85 \text{ N}$

Fuerza resultante del depósito de pequeño
 $W_{dp}=82.13 \text{ N}$

Fuerza resultante en los soportes de los depósitos grandes
 $FR_{dg}= 297.42 \text{ N}$

Fuerza resultante en los soportes del depósito de pequeño
 $FR_{dp}= 41.06 \text{ N}$

IV. OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

El procedimiento químico que se aplicó en esta investigación es transesterificación base – base, ya que se utiliza como catalizador hidróxido de potasio (KOH)

A. ETAPA DE FILTRACIÓN

La materia prima que se emplea es aceite de frituras, está contiene impurezas (restos de comida, agua, etc.) por consiguiente debe tener un tratamiento previo.

El filtrado consiste en limpiar el aceite de partículas sólidas llegando a un tamaño de 7 micras.



Fuente: Investigadores
 Figura 8. Proceso de filtrado

B. ETAPA DE DESHIDRATACIÓN

El agua del aceite debe ser eliminado, caso contrario reacciona con el catalizador, especialmente si hay un exceso de catalizador, y puede que la mezcla se convierta en gelatina.

C. DETERMINACIÓN DE PUREZA DE REACTIVOS

Para la obtención del biodiesel se utiliza como reactivo KOH (Hidróxido de potasio al 90% de pureza), como el KOH tiene la propiedad de absorber la humedad del ambiente es necesario realizar un análisis de pureza antes de realizar la titulación del aceite.

Datos:

$$P_{1KPH} = 0,1700g \Rightarrow V_1 = 17,90ml$$

$$P_{KOH} = 0,2921g$$

$$1mol \text{ KOH} = 56g$$

Donde:

P_{1KPH} = Peso de Ftalato ácido de potasio
 V_1 = Solución de hidróxido de potasio
 P_{KOH} = Peso del hidróxido de potasio

$$C_1(\text{PUREZA}) = \frac{P_{1\text{KPH}}}{V_1} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{g}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{P_{\text{KOH}}}$$

$$C_1 = \frac{0,1700\text{g}_{\text{KPH}}}{17,90\text{ml}} \times \frac{1\text{mol}_{\text{KOH}}}{204,22\text{g}_{\text{KPH}}} \times \frac{56\text{g}}{1\text{mol}_{\text{KOH}}} \times \frac{10000}{0,2921\text{KOH}}$$

$$C_1 = 89,15$$

Con la pureza del 89.15% y según la tabla 1, corresponde añadir 5.5gr de hidróxido de potasio por cada litro de aceite nuevo.

Tabla 1: Ajuste de la cantidad básica del catalizador según su pureza

	Pureza	Gramos	Aproximado
KOH	100%	4.872g	4,9g
KOH	92%	5,336g	5,3g
KOH	90%	5,454g	5,5g
KOH	85%	5,775g	5,8g

Fuente: Investigadores

D. TITULACIÓN DEL ACEITE Y PREPARACIÓN DEL METOXIDO

Al procesar aceite usado es esencial valorar el aceite para determinar la cantidad de ácidos grasos libres que contiene y calcular cuánto catalizador hace falta para neutralizarlos.

- Cantidad básica: 5,5gr de KOH (5,454gr)
- Resultado de la valoración: 2 ml
- Hay que sumar: 2 gr de KOH

Total: son necesarios 7,5gr (7,454gr) de KOH al 90% de pureza por cada litro de aceite usado de cocina.

Se dispone de 45 litros de aceite usado, para los cuales sería necesario 337,5gr (335,43gr) de KOH.

Para determinar la cantidad de metanol a usarse se considera el 20% del volumen de aceite, lo cual es 9 litros de metanol.

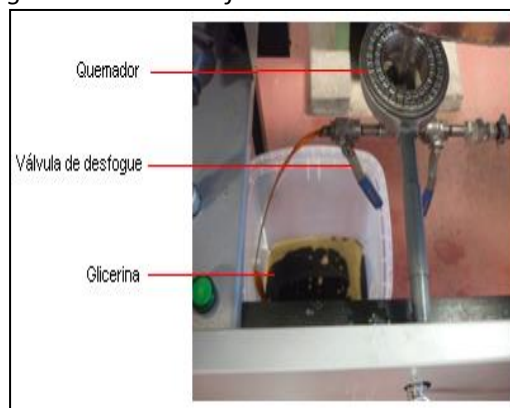


Fuente: Investigadores
Figura 9. Preparación del metóxido

E. ETAPA DE REACCIÓN

En la etapa de reacción se calienta el aceite a una temperatura promedio de 55-60 °C y se abre la válvula para que ingrese el metóxido para dar paso al proceso de transesterificación donde se forma glicerina y biodiesel.

Mientras se saca la glicerina el flujo es uniforme y este cambia al momento en que empieza a salir el biodiesel, la cantidad de glicerina obtenida fue de 4lt.



Fuente: Investigadores
Figura 9. Drenaje de la glicerina

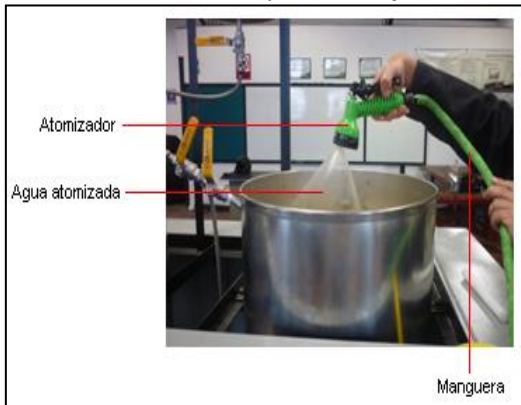
F. ETAPA DE LAVADO

Existen dos formas recomendadas para el lavado del biodiesel, mediante niebla y mediante un lavado de burbujas.

- **Lavado por niebla.-** consiste en colocar un atomizador en una manguera para que al momento de regar el agua salga en pequeñas partículas y así logramos no agitar el biodiesel.

Si el biodiesel se agita con fuerza mientras se riega el agua se produce una emulsificación del agua y luego se vuelve dificultosa la separación del agua.

- **Lavado por burbujas.-** mediante una bomba de acuario, lo que hacemos es colocar directamente el agua y después encender la bomba de acuario, lo que esto nos permite es elevar burbujas de agua y mientras descienden van arrastrando las impurezas al fondo.



Fuente: Investigadores
Figura 10. Lavado del biodiesel con un atomizador

La cantidad de biodiesel obtenido fue en relación 9:8; es decir, por cada 45lt de aceite se obtuvo 40 lt de biodiesel.

El biodiesel producido no debe permanecer almacenado por largos periodos de tiempo, porque al lavarlo con burbujas se acelera su oxidación.

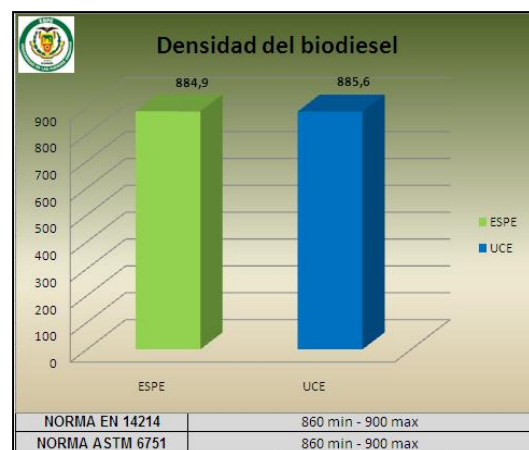
V. PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL

Dentro del análisis de caracterización se realizó pruebas físico – químicas al biodiesel para comparar los resultados, con

las normas EN14214 y ASTM 6751. Las pruebas fueron realizadas en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y en la Universidad Central del Ecuador.

DENSIDAD

El ensayo se efectuó a 15^oC tal como indican las dos normas, con resultados de 885.6 kg/m³ y 884.9kg/m³, los mismos que si están entre los límites mínimo y máximo establecidos.



Fuente: Investigadores
Figura 11. Análisis de la densidad del biodiesel

PODER CALORÍFICO

Si bien las normas de calidad no establecen un requerimiento en cuanto al poder calorífico del biodiesel, se considera este un parámetro muy importante en cuanto a la ignición del combustible. El resultado obtenido es de 41,043 MJ/kg y se encuentra dentro del valor promedio de poder calorífico que oscila entre 39.5 y 42 MJ/kg, dependiendo de la materia prima utilizada para su producción.

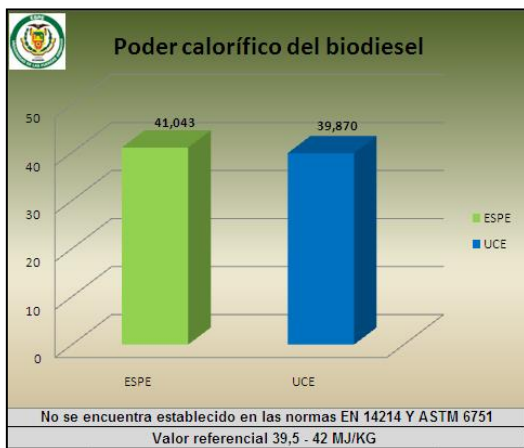
Para determinar el poder calorífico se aplicó la siguiente fórmula:

$$H_g = \frac{(t * w) - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

Dónde:

H_g = poder calorífico de biodiesel
 w = energía equivalente del calorímetro igual a 2456.102 cal/oC
 m = masa de la muestra de biodiesel 0.999 gr
 e_1 = corrección de calorías para el calor de formación de ácido nítrico
 e_2 = corrección de calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico

$$H_g = 41.043 \frac{MJ}{kg}$$



Fuente: Investigadores

Figura 12. Análisis de poder calorífico del biodiesel

PUNTO DE INFLAMACIÓN

Tanto la norma Europea como Americana establecen un punto de inflamación de 120°C y 130°C como mínimo respectivamente, al haber obtenido un valor de 259.2°C, se considera excelente por motivos de seguridad.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Este ensayo se lo ha realizado a 40°C tal como indica ambas normas. El resultado inicial es de 5.95 centistokes y el resultado final 5.76 centistokes, en ambos casos cumplen la especificación de la norma Estadunidense pero no la especificación de la norma Europea; sin embargo considerando que la materia prima para producir biodiesel, es aceite vegetal de frituras, se considera como admisible.

Tabla2: Resultados de pruebas de caracterización

ENSAYO	UNIDAD	BIODIESEL	BIODIESEL	NORMA	NORMA
		INICIAL (ESPE)	FINAL (UCE)	EN 14214	ASTM 6751
Densidad a 15°C	Kg/m³	885.6	884.9	860min - 900max	860min - 900max
Poder calórico	MJ/Kg	41.043	39.870	-	-
Punto de inflamación	°C	165	259.2	Mínimo 120	Mínimo 130
Viscosidad cinemática 40°C	cSt	5.95	5.76	3.5min - 5max	1.9min - 6max

Fuente: Investigadores

Una vez realizado el análisis de los ensayos, se puede decir que los resultados iniciales son muy buenos y cumplen con las normas, y los resultados finales certifican la veracidad de los resultados iniciales e incluso son mejores, razón por la cual se puede dar uso de este tipo de biocombustible en vehículos con motor a diesel.

VI. PRUEBAS MECÁNICAS

Las pruebas de rendimiento son mediciones de torque y potencia con diferentes porcentajes de diesel y biodiesel, las cuales se realizaron en una camioneta Chevrolet 2.5 TD que dispone de las siguientes especificaciones para la investigación.

Tabla 3: Especificaciones Chevrolet motor 2.5 TD

Motor	2.5 TD Cabina simple 4x2
Alimentación	Bomba de inyección directa de alta presión
Relación de compresión	18.5
Desplazamiento (c.c)	2.499
Diámetro de giro (m)	5.9
Diámetro x Carrera	93 x 92
Dirección	Dirección hidráulica de piñón y cremallera
Nº de cilindros	4 en línea

Fuente: Investigadores

El equipo que determina la potencia (KW) y torque (Nm) es el dinamómetro hidráulico de rodillos, el cual gráfica y permite comparar curvas de varias mediciones mediante una interface con la PC.



Fuente: Investigadores

Figura 13. Dinamómetro de rodillos

Los pasos para introducir las mezclas en el sistema de combustible son las siguientes:

- Desconectar la manguera de entrada del filtro de combustible.
- Desconectar el retorno de combustible.
- Conectar las mangueras del tanque de combustible externo respectivamente.



Fuente: Investigadores

Figura 14. Conexión al vehículo

POTENCIA Y TORQUE

Para cada mezcla se efectuó cuatro pruebas en el vehículo que se las distingue por diferentes colores en la gráfica, la curva de potencia es de color más intenso mientras que la curva de torque es del mismo color pero más opaco.

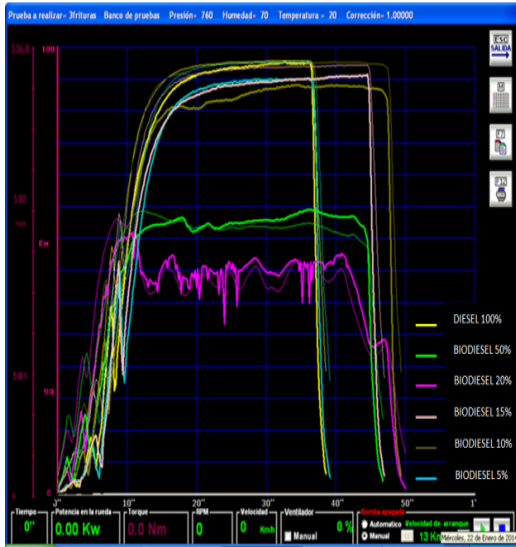
La tabla 4 presenta los mejores resultados de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes, esta permite encontrar la mezcla ideal respecto a los resultados alcanzados con 100% diesel.

Tabla 4: Pruebas de torque y potencia con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes

Tiempo	BIO DIESEL 5%		BIO DIESEL 10%		BIO DIESEL 15%		BIO DIESEL 20%		BIO DIESEL 50%		DIESEL 100%	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
0	22,68	0,90	3,16	0,09	8,18	0,26	7,00	0,21	5,52	0,17	6,31	0,18
2	64,39	2,50	84,26	9,23	38,16	1,47	29,48	1,33	42,60	2,50	44,76	2,83
4	149,18	9,77	150,17	18,61	109,64	7,64	45,85	2,32	6,85	4,96	72,47	6,00
6	269,67	38,99	215,49	32,88	204,20	25,83	84,80	7,10	130,15	8,71	123,35	12,85
8	333,66	54,20	299,23	48,76	233,09	29,49	131,73	14,23	255,97	36,91	297,97	33,92
10	533,84	97,43	533,51	96,90	369,26	57,22	234,77	20,44	297,08	42,57	357,52	55,55
12	276,28	50,72	296,59	58,03	454,55	74,46	323,61	48,38	424,77	68,34	458,49	76,30
14	251,73	48,52	280,42	55,42	499,31	84,86	432,26	69,04	478,21	80,70	495,76	86,18
16	279,73	54,41	284,66	55,99	514,89	88,59	473,38	77,61	501,38	87,03	514,89	91,98
18	247,39	50,12	285,15	55,18	518,83	89,36	488,76	81,32	512,92	90,32	524,26	94,98
20	267,50	47,43	279,43	54,45	518,14	88,88	496,45	83,35	518,24	91,96	528,89	96,55
22	266,22	51,68	277,26	5,09	521,89	90,42	501,28	84,80	521,30	93,12	530,67	97,34
24	263,46	39,26	270,07	52,48	523,07	90,78	505,23	85,68	523,96	94,09	532,34	97,99
26	253,70	51,53	270,56	51,68	531,75	93,71	510,45	87,85	525,34	94,32	533,23	98,26
28	278,00	53,89	265,23	50,88	532,93	94,15	520,51	91,03	526,52	94,80	533,53	98,59
30	255,28	51,24	259,90	50,08	533,33	93,99	524,85	92,43	527,51	95,47	534,51	98,94
32	251,92	50,69	254,57	49,28	532,44	93,89	527,12	92,96	528,30	95,86	534,91	99,25
34	285,64	53,90	249,24	48,48	531,06	93,46	528,10	93,32	528,99	96,16	534,81	99,25
36	283,97	53,29	243,91	47,68	451,49	49,37	527,71	93,20	529,29	96,18	534,81	99,27
38	269,77	53,35	238,58	46,88	371,92	58,69	528,00	93,24	529,19	96,48	249,56	13,39
40	271,74	54,69	233,25	46,08	292,35	42,84	526,72	91,41	303,20	20,67	156,32	10,54

Fuente: Investigadores

En la figura 15 se distingue mejor el rendimiento de las curvas de potencia y torque para las combinaciones de 5%, 10%, y 15% biodiesel, cuya variación respecto a la curva de 100% diesel es mínima mientras que para las combinaciones de 20% y 50% cambia considerablemente.



Fuente: Investigadores

Figura 15. Pruebas de potencia y torque con biodiesel y diesel en diferentes porcentajes

Una vez realizadas las pruebas se dispone de una tabla estadística con valores de torque y potencia para cada mezcla

Tabla 5: Cuadro estadístico de torque y potencia

VALORES	5% BIODIESEL		10% BIODIESEL		15% BIODIESEL		20% BIODIESEL		50% BIODIESEL		100% DIESEL	
	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw	Nm	Kw
VALOR MÁXIMO PRUEBA 1	501,78	89,63	532,66	96,30	527,90	92,75	526,10	92,32	486,89	80,19	533,33	99,01
VALOR MÁXIMO PRUEBA 2	533,84	97,43	463,58	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	498,13	83,41	501,78	86,71
VALOR MÁXIMO PRUEBA 3	533,13	92,56	531,24	95,95	522,09	90,52	511,44	87,43	521,89	92,00	522,58	96,09
VALOR MÁXIMO PRUEBA 4	529,58	96,09	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
VALOR MÍNIMO TOTAL	501,78	89,63	463,18	81,90	469,63	76,12	494,38	82,00	486,89	80,19	478,90	86,71
VALOR MÁXIMO TOTAL	533,84	97,43	533,51	96,90	533,33	94,15	528,10	93,32	529,19	96,48	534,91	99,27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15,32	3,53	34,46	7,25	29,43	8,31	15,63	5,19	19,84	7,53	15,26	5,89
FRECUENCIA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MEDIANA	531,36	94,33	531,95	96,13	525,00	91,64	518,77	89,88	510,01	87,71	527,96	97,55
MODA												501,78
PROMEDIO	524,58	93,93	515,25	92,76	513,24	88,39	515,01	88,77	509,03	88,02	523,15	95,27
PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN RELACION AL DIESEL	-0,20	-1,85	-0,26	-2,39	-0,30	-5,16	-1,27	-5,99	-1,07	-2,81		

Fuente: Investigadores

Según la tabla 5, la mezcla ideal es 5% biodiesel y 95% de diesel, con una menor pérdida en potencia de 1.85% y en torque de 0.20% respecto a los datos con 100% diesel.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Se determina el consumo de combustible mediante el siguiente cálculo:

- Consumo másico de combustible.

$$M_c = (P_f) / (Q_1 * \eta_t)$$

Donde:

M_c = consumo másico de combustible
 P_f = potencia al freno (potencia final 100% diesel)

Q_1 = poder calorífico del combustible (diésel = 45.96MJ/Kg)

η_t = rendimiento térmico

$$m_c = (99.27 \text{ KJ/s}) / (45960 \text{ KJ/Kg} * 0.22)$$

$$m_c = 35.34 \text{ Kg/h}$$

- Consumo específico de combustible

$$CEC = m_c / P_f$$

Donde:

CEC = consumo específico de combustible

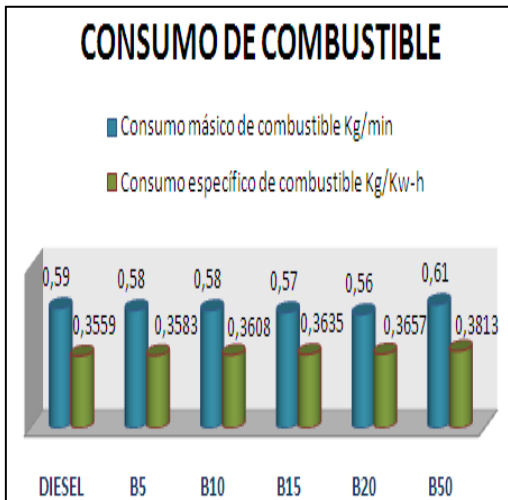
m_c = consumo másico de combustible

P_f = potencia al freno (Potencia final 100% diesel)

$$CEC = (35.34 \text{ Kg/h}) / 99.27 \text{ Kw}$$

$$CEC = 0.35 \text{ kg/(Kw-h)}$$

En lo que respecta al consumo de combustible se establece que en el motor a diesel a través de la verificación de consumo de combustible tiene una buena economía de consumo ya que rinde más potencia por hora de acuerdo a la masa de combustible consumido.

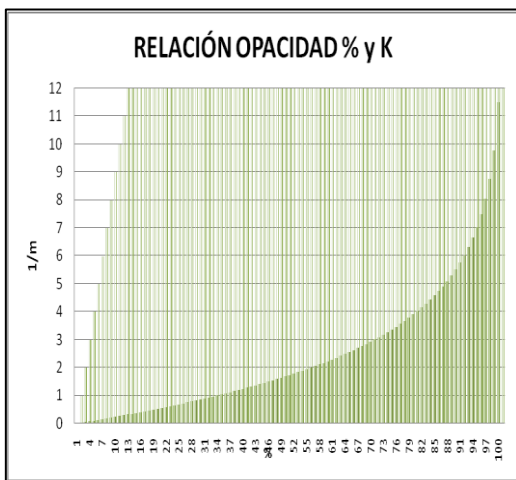


Fuente: Investigadores

Figura 16. Consumo de combustible en diferentes porcentajes

OPACIDAD

El Opacímetro BRAIN BEE determina el coeficiente de absorción luminosa (k) de los gases de escape en los motores diesel y deberá ser transformado a porcentaje de opacidad mediante la siguiente gráfica.



Fuente: Investigadores

Figura 17. Gráfica de relación de opacidad y coeficiente de absorción luminosa

Al igual que en las pruebas de rendimiento, se realizan las mezclas a los porcentajes (5%, 10%, 15%, 20%, 50% biodiesel y 100% diesel), posterior se realizan cuatro pruebas

para cada mezcla y mediante un cuadro comparativo se selecciona los mejores resultados.



Fuente: Investigadores

Figura 18. Valores de opacidad con 20% de biodiesel

Tabla 6: Opacidad en las diferentes mezclas

MEZCLA	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LUZ K (m-1)	OPACIDAD EN %	DISMINUCIÓN DE OPACIDAD RESPECTO AL DIESEL	% DE DISMINUCIÓN DE OPACIDAD
Diesel	0,74	26	-	-
B5	0,71	24	0,03	4,0%
B10	0,65	23	0,09	12,16%
B15	0,54	19	0,20	27,02%
B20	0,4	14	0,34	45,94%
B50	0,7	24	0,04	5,40%

Fuente: Investigadores

Analizando la tabla 6 se determina que en la mezcla de 20% biodiesel la disminución de opacidad es mayor con $0,34 \text{ m}^{-1}$ que equivale al 45,94% con respecto a la opacidad producida por la combustión del diesel.

VII. SEGURIDAD EN LA OBTENCIÓN DEL BIODIESEL

La protección personal siempre es importante antes de empezar a realizar cualquier trabajo y este caso no es la excepción, la producción de biodiesel

contrae algunos riesgos, pero con el cuidado correcto todo saldrá bien.

Ponerse guantes adecuados, delantal y gafas protectoras, y no respirar los gases. El metanol puede causar ceguera y la muerte; no debes beberlo por ningún motivo, además que es absorbido por la piel. El hidróxido de potasio puede causar quemaduras graves y la muerte. Cuando se mezclan estas dos sustancias forman metóxido de potasio, que es extremadamente caustico (corrosivo). Son productos peligrosos, trátalos con cuidado.

Los guantes deben ser resistentes a los productos químicos y largos para que cubran las mangas y así los brazos queden totalmente protegidos. No sirve cualquier guante. Tener siempre agua corriente cerca cuando se manipulen estos productos. El lugar de trabajo debe estar muy bien ventilado. No puede haber cerca personas ajenas al proceso.



Fuente: Grupo de investigación
Figura 19. Elementos de seguridad

VIII. CONCLUSIONES

- La cantidad promedio de aceite desechado por los locales encuestados es de 280lt al día, con esta cantidad alcanza para producir 6 procesos con una obtención de 240lt de biodiesel.
- Se diseñó y construyó un bioreactor para producir biodiesel a partir de aceite vegetal de frituras, con una

capacidad diaria para producir 40lt de biodiesel de excelente calidad.

- Se dio tratamiento al aceite vegetal usado mediante proceso de transesterificación básica para convertirlo en biocombustible de excelente calidad.
- Los análisis de caracterización tanto del diesel como del biodiesel realizados en la Universidad Central del Ecuador, pasaron las normativas internacionales EN14214 y ASTM 6751.
- En las mediciones realizadas de rendimiento se determinó que la mezcla ideal es al 5% biodiesel, presentando una disminución mínima de 0.2% en torque y de 1.85% en potencia, esto respecto al diesel.
- Se estable que el motor diesel a través de la verificación del consumo específico de combustible tiene una buena economía al trabajar con la mezcla de 5% biodiesel.
- Con respecto a la opacidad la mezcla 20% biodiesel presenta la mayor disminución con 45.94% respecto a la opacidad del diesel comercializado en el país.
- El precio de producción de 1lt de biodiesel es de 0.94 ctvs. de dólar; comparado con el precio del diesel
- es casi el triple, por lo que no es rentable su producción, a menos que el biodiesel entre en los subsidios del país, como lo es el diesel.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta F. (2008). Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña

escala. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.

- *Benjuna P. (2009). Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Medellín: Universidad de Antioquia.*
- *Castro P. (2007). Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.*
- *Erazo G. (2013). Evaluación del potencial energético del aceite de piñón en el motor Isuzu serie DMax como fuente alternativa de energía en la ciudad de Latacunga. Utilización como biocombustible en motores diesel en proporción para reducir la polución.*
- *Erwan B. (2010). Biodiesel: Los aspectos mecánicos en el vehículo.*
- *Tunala J. (2014). Reciclaje de aceite vegetal de frituras para uso como biocombustible en motores diesel en diferentes porcentajes.*

VIII. BIOGRAFÍA



Christian Ávila, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz presta sus servicios profesionales como Asesor en mecánica automotriz.



Juan Tunala nació en Quito, Ecuador, es Ingeniero Automotriz presta sus servicios como Asesor en mecánica automotriz.



Germán Erazo, nació en Latacunga, Ecuador, es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial posee estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Energías Renovables, Administración de Empresas y Magister en Gestión de Energías. Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz



Luis Mena, nació en Ambato, Ecuador, es Ingeniero Automotriz, sus estudios universitarios los realizo en la EX-URSS Universidad "Amistad de Los Pueblos" de MOSCÚ, Facultad de Termodinámica y Motores Térmicos, Docente tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1989, Imparte servicios de asesoramiento capacitación en Diseño Construcción y Mantenimiento en Motores de Combustión Interna Diesel- Gasolina.



Román Rodríguez, nació en Ambato, Ecuador, es Doctor en Ciencias Naturales (Dr. rer. nat.) (Ph.D.). Departamento de Química Analítica Instrumental, Universidad Duisburg – Essen. Duisburg - Alemania. Tesis: "New method for determination of β -lactam antibiotics by means of diffuse reflectance spectroscopy using polyurethane foam as sorbent". Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en La Facultad de Energía y Mecánica carrera de Ingeniería en Petroquímica

Registro de la publicación

Fecha recepción: 01/04/2014

Fecha aceptación: 21/04/2014

Revisado por: Ing. Germán Erazo