


## Estimación de la vida útil del lubricante empleado en motores que utilizan una mezcla biocombustible

*Estimation of the useful life of the lubricant used in engines that use a biofuel mixture.*

Sergio Alejandro López Rodríguez

[sergio.lopez@profesor.usac.edu.gt](mailto:sergio.lopez@profesor.usac.edu.gt)

 <https://orcid.org/0000-0002-3187-1226>

Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, USAC.  
Escuintla, Guatemala

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue estimar la vida útil del lubricante empleado en motores que utilizan una mezcla biocombustible. Se realizaron pruebas en dos motores de combustión interna con inyección mecánica de combustible diésel iguales que funcionaron con mezclas de combustible al 50% y 25 % de aceite vegetal durante 400 horas y se tomaron muestras del lubricante cada 100 horas. El estudio se basó en la reducción de la reserva alcalina del lubricante TBN, bajo la influencia del uso de biocombustible, por medio del análisis de aceite usado. Los resultados muestran que el TBN se redujo, de un valor estándar de 9.3, a valores después de 400 horas de 7.85 y 7.74, con esta información y el uso de fórmulas matemáticas, se estimó la vida útil del aceite lubricante a 560 y 460 horas, antes de que el valor de TBN llegue a 4.65 que se considera crítico.

**Palabras clave:** TBN; biocombustible; aceite de motor; vida del aceite; estimación

### ABSTRACT

The objective of the research was to estimate the useful life of the lubricant used in engines that use a biofuel mixture. Tests were conducted on two identical mechanically injected diesel internal combustion engines, which ran on 50% and 25% vegetable oil fuel blends for 400 hours with lubricant samples taken every 100 hours. The study was based on the reduction of the alkaline reserve of the TBN lubricant, under the influence of the use of biofuel, through the analysis of used oil. The results show that the TBN was reduced, from a standard value of 9.3, to values after 400 hours of 7.85 and 7.74, with this information and the use of mathematical formulas, the useful life of the lubricating oil was estimated at 560 and 460 hours, before the TBN value reaches 4.65 which is considered critical.

**Keywords:** TBN; biofuel; motor oil; oil life; estimate

El autor declara que no tiene ningún conflicto de interés. El estudio fue financiado con recursos del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur ITUGS.

Recibido: febrero 26 de 2023 | Aceptado: julio 28 de 2023 | Publicado: octubre 30 de 2023

## INTRODUCCIÓN

El biodiesel es un biocombustible renovable, biodegradable, no tóxico y respetuoso con el medio ambiente. Por ejemplo, el biodiesel puede derivarse del aceite de palma, que es un aceite comestible (Suthisripok, y Semsamran, 2018).

Hay ventajas y desventajas en el uso de biodiesel en comparación con el uso de combustible diésel a base de petróleo. Las ventajas incluyen el mayor índice de cetano del biodiesel que el D2 (combustible diésel normal) y el hecho de que el biodiesel no contiene esencialmente compuestos aromáticos ni azufre. El biodiesel es un combustible oxigenado con un alto contenido de oxígeno, +11 %, que reduce las emisiones de carbono elemental. También hay desventajas para el combustible biodiesel, una densidad de combustible ligeramente más baja que el combustible diésel normal, por lo que se requiere más combustible para lograr la misma cantidad de energía. En comparación con el combustible diésel normal, el biodiesel también tiene una mayor viscosidad, lo que afecta la formación de rocío; mayor punto de fluidez y puntos de turbidez, operación limitante; menor estabilidad oxidativa, acortando la vida de almacenamiento; y mayores emisiones de carbono orgánico (Acevedo y Mantilla, 2011).

La aplicación de estos combustibles alternativos en motores, que ordinariamente emplean diésel fósil, conlleva también efectos directos en la calidad y funcionamiento de las máquinas que requieren de los biocombustibles.

Las principales preocupaciones incluyen la coquización del inyector, el taponamiento del filtro, la deposición de carbón o lodo denso rico en ésteres grasos, la autooxidación, la naturaleza corrosiva, la reactividad de las cadenas de hidrocarburos insaturados, entre otros. Muchos de estos problemas también pueden influir en la fricción y el desgaste de los diferentes componentes del motor que entran en contacto con el biodiesel en condiciones de deslizamiento (Fazal, et al., 2013).

Debido a las condiciones descritas, uno de los efectos directos del uso de biodiesel sobre el motor, es su posibilidad de generar ácidos provenientes de su naturaleza orgánica en el aceite lubricante, razón por la cual es necesario estudiar los efectos del uso de biodiesel en la degradación del aceite lubricante del motor, con el fin de predecir o establecer la vida útil del mismo, previo a que la reserva alcalina TBN, no sea suficiente para neutralizar los agentes ácidos. Una de las técnicas de mantenimiento predictivo más usadas para estos fines es el análisis de aceite usado, el cual permite anticiparse a las fallas de las máquinas, y con ello

programar la reparación de los equipos, con la finalidad de corregir los problemas, esto evita el paro imprevisto de los mismos e incrementa su disponibilidad (Rojas, Engativá y Ramírez, 2019).

El problema radica en ¿cómo estimar la vida útil del lubricante empleado en motores que utilizan una mezcla biocombustible?, y surgen problemas subsecuentes como ¿cuál es la reserva alcalina TBN de dos motores que utilizan una mezcla biocombustible diferente?, ¿cuál es la cantidad máxima de aceite vegetal que puede contener una mezcla de biocombustible, para el funcionamiento adecuado en el motor de combustión interna seleccionado?, ¿cómo establecer las horas de vida útil del aceite lubricante en un motor de combustión que emplea biocombustible?

Bajo las premisas de los problemas antes planteados se exponen los objetivos del estudio, los cuales son: estimar la vida útil del lubricante empleado en motores que utilizan una mezcla biocombustible, comparar la reserva alcalina TBN de dos motores que utilizan una mezcla biocombustible diferente, establecer la cantidad máxima de aceite vegetal que puede contener una mezcla de biocombustible para el funcionamiento adecuado en el motor de combustión interna seleccionado, con base en mezclas preestablecidas en otras investigaciones y establecer las horas de vida útil del aceite lubricante en un motor de combustión que emplea biocombustible, a través del análisis de aceite usado.

Para el alcance de los objetivos de la presente investigación se propone una experimentación con dos motores, que funcionan de forma ordinaria con diésel fósil, con el empleo de una mezcla combustible de aceite vegetal y diésel (biodiésel) en dos proporciones, a 50% y 25% de aceite vegetal. Se tienen 400 horas de funcionamiento por cada motor y muestreo de aceite usado cada 100 horas. Por medio de ecuaciones matemáticas, se estima la vida útil del aceite en función de la pérdida de la reserva alcalina (TBN).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los equipos empleados en el estudio fueron dos motores estacionarios de combustión interna marca Nissan, modelo SD 22 de 2 500 centímetros cúbicos y que utilizan diésel como combustible (Figura 1), el sistema de inyección de combustible es indirecta de tipo mecánica por bomba lineal. Los motores funcionaron durante 400 horas en jornadas de 8 horas diarias. El régimen de carga fue a ralentí con un promedio de 850 revoluciones por minuto. El

combustible utilizado fue de tipo “biodiesel”, que se consideró como una mezcla de aceite vegetal y diésel fósil. Se prepararon dos mezclas en proporciones de 50% aceite vegetal y 50% diésel fósil para el primero de los motores ensayados, 25% de aceite vegetal y 75% de diésel fósil para el segundo de los motores ensayados. El aceite vegetal utilizado fue una mezcla de aceite de soya y palma africana que se utiliza de forma ordinaria como aceite de cocina sin proceso de hidrogenación o refinación. Se realizaron las mezclas de combustible en recipientes de 20 litros y la proporción se hizo con base al volumen.

### Figura 1

*Motores empleados en la experimentación.*



*Fuente:* Elaboración propia

El lubricante empleado fue aceite para motor SAE 15W40 API CH 4/SJ TD. Además, filtros de aire, combustible y aceite nuevos. Para las muestras de aceite usado se emplearon botellas de plástico con tapa rosca descartables, manguera para la toma de muestra y una bomba de vacío específica para la labor de muestreo de aceite. Las muestras de aceite se enviaron a laboratorio certificado para el análisis de los contenidos de partículas y degradación por uso del lubricante. Cada 100 horas se tomaron muestras del aceite lubricante usado en ambos motores.

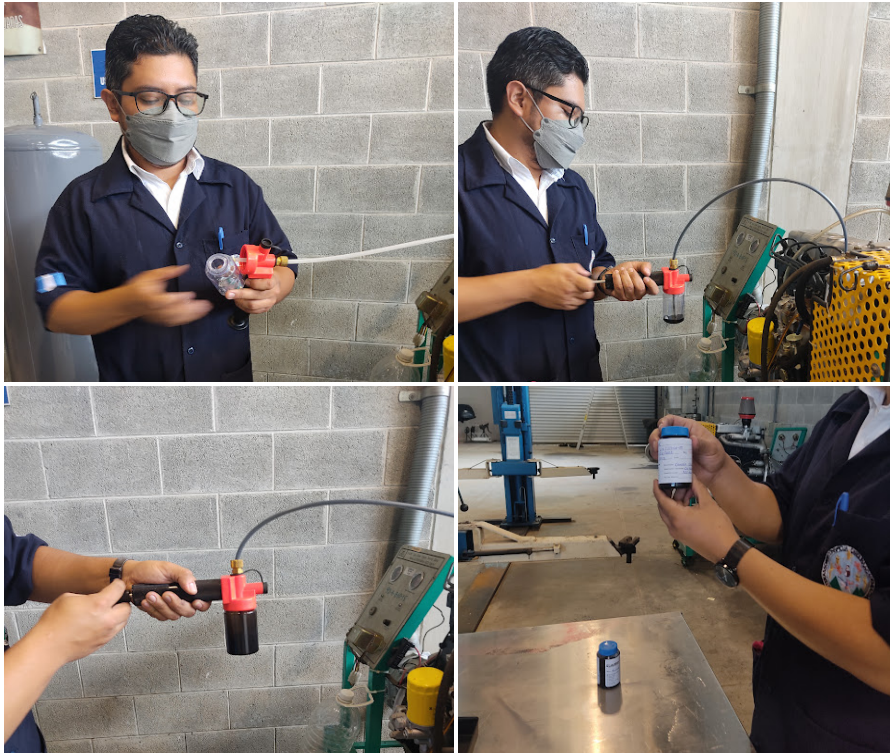
La toma de muestras de aceite usado requiere de cuidados especiales, ya que cualquier contaminación durante el proceso de llenado de las botellas plásticas, puede ocasionar presencia de información falsa sobre la respuesta de los datos obtenidos en los estudios del laboratorio, provenientes del aceite de motor muestreado.

Según Perkins (2008) y Caterpillar (2008), para reducir los efectos de posibles contaminantes en el muestreo se recomienda lo siguiente:

Asegurar que las botellas para muestreo se encuentren cerradas y libres de humedad o polvo, las mangueras para extracción de muestra de aceite usado son útiles solo una vez, después de tomada la muestra deberán descartarse y no se pueden utilizar en otra muestra, rellenar las etiquetas de identificación de las muestras con la información del equipo que se va a monitorear, arrancar el motor hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento, apagar el motor, medir el tubo nuevo para la toma de muestra y cortarlo del largo de la varilla indicadora de nivel.

## Figura 2

*Procedimiento para la toma de muestras de aceite usado*



*Fuente:* Elaboración propia

Si el compartimiento de donde se toma la muestra no tiene una varilla, se deberá cortar el tubo de modo que llegue hasta la mitad de la profundidad del cárter de aceite. Insertar el tubo por la cabeza de la bomba de vacío y apretar la tuerca de retención, el tubo debe sobresalir aproximadamente 4 cm (1 pulgada) de la base de la cabeza de la bomba de vacío, abrir la botella de muestreo solo hasta que esté listo para realizar el bombeo y extraer el aceite usado, conectar una nueva botella de muestreo a la bomba de vacío e inserte el extremo del tubo en el aceite, no permita que el tubo toque el fondo del compartimiento, accionar la manija de la bomba para crear un vacío, mantenga la bomba en posición vertical, si se voltea se puede contaminar con el aceite, si le entra aceite a la bomba, desármela y límpiela antes de tomar la muestra, llenar tres cuartas partes de la botella para muestras, no se debe llenar completamente, por último, sacar el tubo del compartimiento, extraer la botella de la bomba de vacío y asegurar la tapa a la botella. Luego se coloca la botella con la etiqueta debidamente llenada en el tubo de envío para que lo pueda recibir el laboratorio (Figura 2).

El laboratorio certificado (Figura 3) proyecta sus resultados en cada muestra de aceite bajo el número TBN (Total Base Number), que se refiere a la reserva alcalina o básica de los aceites para neutralizar los ácidos procedentes de la combustión y de la propia oxidación del aceite debido a las temperaturas elevadas (Martínez, 2005). Un valor de TBN a la mitad del obtenido del aceite estándar (según los datos del laboratorio certificado es 4.65), se considera como límite inferior de vida del aceite lubricante para motor (Bietresato y Friso, 2014).

Para realizar los cálculos y la obtención de las ecuaciones, se emplearon software en línea, es.symbolab.com y desmos.com respectivamente. Los valores de  $R^2$  en ambas ecuaciones, muestran un ajuste adecuado de la ecuación matemática.

Con la información del TBN y las ecuaciones resultantes de las experimentaciones, se estableció la vida útil de cada aceite lubricante en los motores ensayados.



**Figura 3**  
*Ejemplo de resultados de análisis de aceite usado*

| Chevron LubeWatch®  |                                      | Reporte de Análisis de Lubricante  |                    | <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>NORMAL</td> <td>ANORMAL</td> <td></td> <td></td> <td>CRITICO</td> </tr> </table>  |                    |                    |                    | 0                       | 1                    | 2                | 3                     | 4                  | NORMAL                 | ANORMAL                        |           |           | CRITICO   |                        |      |          |        |       |         |      |
|---|--------------------------------------|--|--------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------|----------|--------|-------|---------|------|
| 0   | 1                                    | 2  | 3                  | 4   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| NORMAL  | ANORMAL                              |  |                    | CRITICO   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| North America: +1-866-341-0487<br>Latin America: +1-317-808-0948  |                                      | Severidad General del Reporte  |                    |   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Información de Cuenta   |                                      | Información del Componente   |                    | Información de muestra  |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Número de cuenta: LUB340-0000-0000<br>Nombre de LUBRICANTES LA CALZADA<br>Compañía: S.A.<br>Contacto:<br>Dirección: KM 27.5 CARRETERA AL PACIFICO ,AMATITLAN, GUATEMALA GT<br>Teléfono: 502-6628-9100 |                                      | ID de Componente: UNO / ITUGS-PT<br>ID Secundaria:<br>Filtro de tipo de DIESEL ENGINE<br>componente:<br>Fabricante: NISSAN<br>Modelo: SD22<br>Aplicación: PLANT/INDUSTRIAL<br>Capacidad de sumidero:   |                    | Número de Huella: 00009658491<br>Número de laboratorio: 0-768747<br>Localización de Guatemala City<br>Laboratorio:<br>Analista de Datos: ARF<br>Tomada: 10-nov-2022<br>Recibido: 22-nov-2022<br>Completado: 23-nov-2022 |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Información de filtro   |                                      | Información Misceláneo   |                    | Información del Producto  |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Tipo de filtro: <a href="#">Informacion solicitada</a><br>Índice de Micrón: 0   |                                      |  |                    | Fabricante del Producto: CHEVRON<br>Nombre del Producto: URSA SERIES<br>Grado de Viscosidad: SAE 15W40  |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Comentarios   |                                      | SUGERIMOS inspeccionar esta unidad por desgaste excesivo de la región del cilindro; o; REMUESTRE INMEDIATAMENTE por favor para poder verificar los resultados SUGIERIMOS supervisar la PRESIÓN del ACEITE de cerca entre muestras; El contenido de metal proveniente del cojinete está en un NIVEL SIGNIFICATIVO Sugerimos que un Ferrograma analítico sea realizado para clarificar el tipo de desgaste y/o de contaminación que está presente; Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. Los metales de la región del cilindro (pistones, anillos, camisas, etc) se encuentran en un NIVEL SEVERO Los datos señalados indican que el riesgo de fallo está alto para esta unidad; si mantenimiento no se ha hecho Provea por favor la capacidad del colector de aceite (carter) de la unidad en la siguiente muestra; |                    |   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Muestra #   | Metales de Desgaste (ppm)            |  |                    |   |                    |                    |                    |                         |                      |                  | Metales Contaminantes |                    |                        | Fuente de Varios Metales (ppm) |           |           |           | Metales Aditivos (ppm) |      |          |        |       |         |      |
|   | Hierro                               | Cromo  | Niquel             | Aluminio  | Cobre              | Pomo               | Estañio            | Cadmio                  | Plata                | Vanadio          | Silice                | Sodio              | Potasio                | Titanio                        | Molibdeno | Antimonio | Manganeso | Litio                  | Boro | Magnesio | Calcio | Bario | Fósforo | Zinc |
| 1   | 37                                   | 4  | 0                  | 3   | 9                  | 11                 | 9                  | 0                       | 0                    | 0                | 11                    | 2                  | 0                      | 0                              | 24        | 1         | 1         | 0                      | 43   | 152      | 3131   | 1     | 916     | 1024 |
| 2   | 49                                   | 7  | 1                  | 5   | 10                 | 13                 | 4                  | 0                       | 0                    | 0                | 14                    | 3                  | 1                      | 0                              | 25        | 2         | 1         | 0                      | 31   | 155      | 3161   | 0     | 947     | 1023 |
| 3   | 68                                   | 12   | 0                  | 10  | 13                 | 13                 | 5                  | 0                       | 0                    | 0                | 17                    | 3                  | 0                      | 0                              | 25        | 2         | 1         | 0                      | 25   | 163      | 3338   | 0     | 969     | 1010 |
| 4   | 60                                   | 11   | 1                  | 9   | 11                 | 10                 | 5                  | 0                       | 0                    | 0                | 15                    | 3                  | 0                      | 0                              | 29        | 3         | 1         | 0                      | 31   | 122      | 3104   | 0     | 891     | 1024 |
| Muestra #   | Información de muestra               |  |                    |   |                    |                    | Contaminantes      |                         |                      |                  |                       |                    | Propiedades de líquido |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
|   | Fecha de toma                        | Fecha de recibo  | Tiempo de Aceite   | Tiempo de unidad  | Cambio de Aceite   | Aceite Agregado    | Cambio de filtro   | Dilución de Combustible | Hollin               | Agua             | Viscosidad 40 ° C     | Viscosidad 100 ° C | Número de Acido        | No. Básico                     | Oxidación | Nitración |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 1   | 18-ago-2022                          | 29-ago-2022  | 100                | 0   | Unk                | 0                  | Unk                | <2 - Estimado           | <.1                  | <.1 - FTIR       | 14.1                  | 14.1               | 8.47                   | 7                              | 6         |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 2   | 09-sep-2022                          | 13-sep-2022  | 200                | 0   | Unk                | 0                  | Unk                | <2 - Estimado           | 0.1 - E2412          | <.1 - FTIR       | 13.7                  | 13.7               | 6.93                   | 9                              | 7         |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 3   | 14-oct-2022                          | 26-oct-2022  | 300                | 0   | Unk                | 0                  | Unk                | <2 - Estimado           | 0.5 - E2412          | <.1 - FTIR       | 14.4                  | 14.4               | 7.07                   | 12                             | 9         |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 4   | 10-nov-2022                          | 22-nov-2022  | 400                | 0   | Unk                | 0                  | Unk                | <2 - Estimado           | 0.4 - E2412          | <.1 - FTIR       | 15.0                  | 15.0               | 7.85                   | 12                             | 8         |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| Muestra #   | Cuento de Partículas (partículas/mL) |  |                    |   |                    |                    |                    |                         | Análisis Adicionales |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
|   | Código ISO                           | > 4  | > 6                | > 10  | > 14               | > 21               | > 38               | > 70                    | > 100                | Método de prueba |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 1   | Basado en 4/6/14                     | (partícula s / mL)   | (partícula s / mL) | (partícula s / mL)  | (partícula s / mL) | (partícula s / mL) | (partícula s / mL) | (partícula s / mL)      | (partícula s / mL)   |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 2   | / /                                  |  |                    |   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 3   | / /                                  |  |                    |   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |
| 4   | / /                                  |  |                    |   |                    |                    |                    |                         |                      |                  |                       |                    |                        |                                |           |           |           |                        |      |          |        |       |         |      |

Fuente: POLARIS laboratories

## RESULTADOS

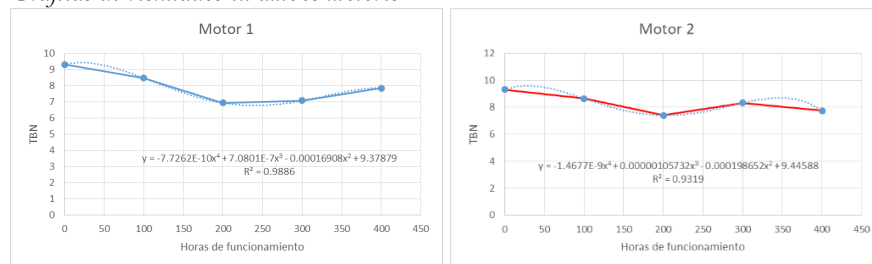
Bajo las condiciones de funcionamiento previamente descritas, se estimaron las vidas útiles de los aceites lubricantes (véase la Figura 4). Se ordenaron los datos recopilados de cada análisis de aceite usado (véase la Tabla 1), luego con el uso del software en línea, desmos.com, se graficaron los datos y se obtuvo una ecuación de tendencia para cada motor (Ecuación Uno y Dos). A partir de esto, se utilizó el software en línea es.symbolab.com, para resolver las ecuaciones con un valor de  $y=4.65$ , equivalente a la mitad del valor TBN de 9.3 estándar del aceite de motor nuevo. El valor de 4.65 se consideró como un TBN crítico. Los resultados de la estimación son, para el Motor 1 de 561 horas, y para el Motor 2 de 460 horas.

Ecuación Uno  $y = -7.7262E - 10x^4 + 7.0801E - 7x^3 - 0.00016908x^2 + 9.37879$   
 Con  $R^2=0.9886$

Ecuación Dos  $y = -1.4677E - 9x^4 + 0.00000105732x^3 - 0.000198652x^2 + 9.44588$   
 Con  $R^2=0.9319$

### Figura 4

Gráficas de resultados en ambos motores



Fuente: elaboración propia

### Tabla 1

Resultados de los análisis de aceite usado

| Muestra      | TBN Motor 1 | TBN Motor 2 |
|--------------|-------------|-------------|
| 1 (estándar) | 9.3         | 9.3         |
| 2            | 8.47        | 8.65        |
| 3            | 6.93        | 7.4         |
| 4            | 7.07        | 8.32        |
| 5            | 7.85        | 7.74        |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa POLARIS S.A.



## DISCUSIÓN

Es difícil realizar una comparación directa de estudios previos, ya que la mayoría de estos han empleado biodiesel como tal, es decir, un combustible obtenido a partir del reciclaje de aceite usado de origen vegetal y no una mezcla de combustible fósil con aceite vegetal, además, las aplicaciones de los motores y carga de trabajo fueron distintos.

La investigación de Suthisripok, y Semsamran (2018), se enfocó en el análisis de los efectos que tenía el uso de biodiesel puro (B100) en las propiedades del aceite de un motor monocilindrico de baja cilindrada. En su estudio, los investigadores emplearon aceite SAE 40 y no se reporta la calidad de este, el motor trabajó durante 12 horas diarias con una carga de aireación para un estanque de peces, la duración fue de 1000 horas y recambios totales del aceite cada 100 horas, tiempo en el que se tomaron las muestras de aceite usado. Los estudios incluyeron el análisis completo del lubricante y un estudio ferrográfico para conocer con mayor profundidad el desgaste del motor.

Debido a que la investigación se desarrolló en un motor monocilindrico, con condiciones de mantenimiento continuo bajo el esquema recomendado por el fabricante y con muestreo antes del recambio de aceite total, se dificulta realizar una comparación relevante, ya que solo se comparte la metodología de la experimentación de forma parcial, es decir, el uso de biodiesel y su incidencia en la degradación del aceite de motor.

Por su parte Kardos, S. y Pietriková, (2016), estudiaron los cambios en la constante dieléctrica del aceite de motor y como esto puede indicar la presencia de contaminación, por agua, combustible, impurezas, etc. así como cambios en la composición del aceite de motor por oxidación y deficiencia de aditivos. La experimentación se realizó en un automóvil a gasolina con aceite SAE 10W30. En esta investigación se buscó estimar la vida útil del aceite lubricante, sin embargo, fue a través de una variable distinta a la expuesta en el presente estudio y no se comparte las mismas condiciones de aplicación del combustible.

Bietresato y Friso (2014), desarrollaron un estudio de campo de durabilidad del aceite de motor a 800 h, en un motor diésel normalmente utilizado en un tractor agrícola de potencia media a alta (118 kW), alimentado con biodiesel puro (B100). Se analizó la composición química del aceite lubricante, SAE

15W40 sin especificar la calidad de este, a intervalos de tiempo establecidos y antes de cada cambio. En esta experimentación se obtuvieron datos de TBN a 60, 180, 440 y 630 horas de funcionamiento, el valor del aceite estándar fue de 10 y el mínimo se encontró a 440 horas con 2.10. A pesar de que este estudio es el más similar respecto a la metodología empleada en la investigación planteada, los recambios de aceite, el tipo de combustible empleado y la carga de funcionamiento de los motores difieren.

Wei y colaboradores (2020), realizaron una comparación entre los sistemas independientes de monitoreo de degradación del aceite de motor y análisis de aceite usado con el empleo de un espectrómetro infrarrojo para estudiar los cambios en la composición de oxidación, nitración, sulfatación y zinc, pruebas de TAN y temperatura de oxidación con un calorímetro. En la experimentación incluyeron tres automóviles de pasajeros con motor a gasolina, con 10, 5 y 0 años de antigüedad. Los aceites empleados fueron SAE 5W40 y 5W30. Con los resultados se realizaron modelos matemáticos y estadísticos para la predicción de la vida útil del aceite de motor de una forma similar al presente estudio.

## CONCLUSIONES

1. Se estimó la vida útil del aceite lubricante empleado en un motor de combustión interna, con el uso de ecuaciones matemáticas de forma similar a otros estudios que aproximan el comportamiento de la degradación del aceite en el tiempo.
2. Se compararon las mediciones de la reserva alcalina total del aceite lubricante utilizado en dos motores que emplearon biodiesel como combustible, en dos porcentajes distintos y no se encuentran diferencias en ambas mediciones, por lo que se puede asegurar que el aceite lubricante empleado contó en todo momento de la experimentación, con suficiente cantidad de aditivos neutralizadores de los ácidos producto de la combustión y el empleo del biocombustible.
3. Se estableció la cantidad máxima de aceite vegetal que puede contener una mezcla de biodiesel, para el funcionamiento adecuado en los motores de combustión interna seleccionados, la cual fue del 100%, pero no se utilizaron los valores máximos en la experimentación, ya que se podrían deteriorar piezas internas de la bomba de inyección e inyectores de los sistemas de alimentación de los motores por la carencia, en el aceite vegetal, de agentes lubricantes adecuados.

4. Con el uso de ecuaciones matemáticas se determinó el comportamiento de la degradación del índice TBN del aceite lubricante utilizado en la experimentación con los motores, se logró obtener tiempos estimados de 561 y 460 horas de vida útil para el aceite de motor ensayado antes de que llegue al 50% del número TBN estándar, sin embargo, se requiere de más análisis de aceite usado para validar estas predicciones y continuar con ensayos en los motores a mayor cantidad de horas.

## REFERENCIAS

- Acevedo, H., & Mantilla, J. (2011). Performance and emissions of a heavy duty diesel engine fuelled with palm oil biodiesel and premium diesel. *Dyna*, 78(170), 152-158.
- Bietresato, M., & Friso, D. (2014). Durability test on an agricultural tractor engine fuelled with pure biodiesel (B100). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(2), 214-223.
- Caterpillar (2008). How to take a good SOS simple.  
<https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20170912-42785-51737>
- Kardos, S., & Pietriková, A. (2016). Evaluation of motor oil characteristics and degradation factors for possibilities of continuous diagnostics. *Acta Electrotechnica et Informatica*, 16(2), 20-24.
- Martínez, B. T. (2005). Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado. *Reverté*.
- Perkins (2008). Manual de operación y mantenimiento, Motor industrial 1103D.  
<https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20141110-10941-21830>
- Pineda-Caro, D.-Y., Medina-Vargas, O.-J., Falla-Rocha, G. (2021). Enseñanza del concepto de pH desde la perspectiva del pensamiento científico: una revisión sistemática exploratoria. *Pensamiento y Acción*, 30, 37-51.
- Suthisripok, T., & Semsamran, P. (2018). The impact of biodiesel B100 on a small agricultural diesel engine. *Tribology International*, 128, 397-409.

- Rojas, L., Engativá, L., & Ramirez, M. A. (2019). Análisis de Aceite un Enfoque Explicativo en Muestras Reales. *Revista EJE-Engineering Journal ECCI*, 1(1), 4-4.
- Wei, L., Duan, H., Jia, D., Jin, Y., Chen, S., Liu, L., ... & Li, J. (2020). Motor oil condition evaluation based on on-board diagnostic system. *Friction*, 8(1), 95-106.

*Cómo citar este artículo:*

López Rodríguez, S. A. (2023). Estimación de la vida útil del lubricante empleado en motores que utilizan una mezcla biocombustible. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 5(1), 101-112. <https://doi.org/10.56785/ripic.v5i1.76>



Copyright © 2023 Sergio Alejandro López Rodríguez. Todos los derechos son de los autores de los manuscritos. Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0. Usted es libre para compartir y adaptar el documento para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.

*Resumen de licencia - Texto completo de la licencia*