

Obtención de bio-grasa lubricante para motores a partir de subproductos de la palma africana

Obtaining lubricant bio-greases for engines from by-products of the African palm

Osmir Cabrera-Blanco¹  <https://orcid.org/0000-0002-7882-7054>

Dennise Gabriela Patiño-Altafuya¹  <https://orcid.org/0000-0002-0505-9162>

Diana Rosa Alcorta-Cuello²  <https://orcid.org/0000-0001-5468-3351>

Maribel Cuello-Pérez¹  <https://orcid.org/0000-0002-7086-6075>

¹Facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Esmeraldas "Luis Vargas Torres", Esmeraldas, Ecuador;

² Facultad de Ingeniería Química Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", CUJAE. La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia. Correo electrónico: ocblanco2015@gmail.com

RESUMEN

Las grasas lubricantes son elementos vitales para un buen funcionamiento y para alargar la vida útil de los motores. En la actualidad la mayoría de las grasas lubricantes que existen en el mercado utilizan como aceite base al aceite mineral, lo cual hace que el deshecho de estas grasas, después de su utilización, contamine el medio ambiente, además de que el aumento de los precios del petróleo y sus derivados en el mercado generan mayor costo en la adquisición de estas. El objetivo de este trabajo fue obtener una bio-grasa lubricante para motores, a partir de subproductos de palma africana. Para cumplir dicho objetivo, se utilizó al hidróxido de sodio para la obtención de jabones de sodio y como aceite base, como subproductos de la palma se utilizó: al aceite crudo, estearina u oleína; además se utilizó al aceite mineral como control. Se obtuvieron diferentes formulaciones utilizando combinaciones de los aceites, tanto, en la obtención de

jabones, como en la obtención de la grasa. Como conclusiones se puede plantear que se obtuvo una grasa lubricante con una composición del 93% de aceite crudo de palma, 6% de hidróxido de sodio y 1% de antiespumante, que presentó características físico-químicas similares a las grasas lubricantes comerciales. Además, según la clasificación del Instituto Nacional de Grasas Lubricantes, se pudo clasificar como bio-grasa lubricante de grado 2, es decir, es una grasa blanda apta para su empleo en rodamientos, cojinetes y válvulas, que no sean sometidos a altas presiones ni cargas.

Palabras Clave: Lubricantes; bio-grasas; aceite de palma; palma africana.

ABSTRACT

Lubricating greases are vital elements for proper operation and for extending the life of engines. At present, most of the lubricating greases on the market use mineral oil as base oil, which means that the disposal of these greases, after use, pollutes the environment, in addition to increasing prices, due to the increase in the prices of oil and its derivatives in the market generate a higher cost in the acquisition of these. The objective of this work was to obtain a lubricating bio-grease for engines, from by-products of African palm oil. For this, was used sodium hydroxide to obtain sodium soaps and, as base oil, as by-products from palm were used: crude oil, Stearin or Olein; In addition, mineral oil was used as a control. Different formulations were obtained using combinations of the oils, both in obtaining soaps and in obtaining bio-greases. As conclusions, it can be stated that a lubricating bio-grease was obtained with a composition of 93% crude palm oil, 6% sodium hydroxide and 1% defoamer, which presented physicochemical characteristics similar to commercial lubricating greases. In addition, according to the classification of the National Institute of Lubricating Greases, it could be classified as grade 2 lubricating bio-grease, that is a soft grease suitable for use in bearings, and valves, which are not subjected to high pressures or loads.

KeyWords: Lubricating greases; bio-greases; palm oil; african palm.

Recibido: 18/09/2020

Aceptado: 10/01/2021

Introducción

El uso de lubricantes es imprescindible para el cuidado del motor, por ende, existen muchas marcas que venden grasas lubricantes que ofrecen grandes beneficios. La mayoría de las marcas reconocidas en el Ecuador, utilizan variedades de aditivos para mejorar la eficiencia de su producto, como antiespumante, anticorrosivos, antioxidantes, dispersantes, detergentes, anti-herrumbre, entre otros. ⁽¹⁾ Estos lubricantes pueden ser elaborados con base de aceite mineral, sintético o vegetal, siendo esta última, una alternativa que asegura grandes beneficios para el medio ambiente y por consiguiente para el ser humano. ⁽¹⁾

La palma africana pertenece a las especies de plantas *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*; predominante en África y Asia, y la segunda en Latinoamérica. En el Ecuador, las provincias productoras de palma africana y aceite de palma son: Esmeraldas, Sucumbíos, Los Ríos, Santo Domingo y Pichincha; siendo respectivamente, los cantones San Lorenzo (Esmeraldas) y Shushufindi (Sucumbios), los mayores productores en el país, convirtiéndose, El Ecuador, en el séptimo país con mayor producción de palma africana. ⁽²⁾

En la actualidad el cultivo de palma africana es de gran importancia económica a nivel mundial, debido a que provee varios productos, siendo el aceite de palma, el más producido; como consecuencia, la producción y comercialización del aceite de palma africana ha aumentado, debido a la gran demanda a nivel industrial y alimenticio. ⁽³⁾ El aceite de palma africana se obtiene a partir del fruto; luego de una refinación de este aceite, se obtiene la estearina y la oleína. Estos dos últimos productos son utilizados, ya sea en la industria alimenticia, para elaboración de margarinas, entre otros; o en la oleoquímica, donde son usados para la producción de derivados como cosméticos, velas, jabones, entre otros. ⁽⁴⁾

El aceite de palma está constituido por un 40-48% de ácidos grasos saturados (principalmente ácido palmítico), un 37-46% de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico) y en menor proporción, un 10% de ácidos grasos polinsaturado. Por

su composición, este aceite sería ideal para la producción de lubricante de base vegetal, como un sustituto para el aceite mineral que es derivado del petróleo, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental y el desgaste al motor.⁽³⁾

El uso de aceites vegetales, para el proceso de saponificación y la obtención de grasas es una alternativa que se ha experimentado en varias investigaciones con el fin de disminuir el impacto ambiental.^(3,5,6) Estas investigaciones han reportado el uso del aceite mineral como base para el proceso, pero han descartado la obtención de grasas lubricantes que solo contengan aceite vegetal. Según estos estudios, se han obtenido grasas lubricantes a partir de aceite de *Jatropha curcas*,⁽⁵⁾ aceite de palma africana,⁽³⁾ y aceite de ricino con aceite de girasol.⁽⁶⁾

Por todo lo anteriormente expuesto nos trazamos como objetivo para este trabajo, la obtención de una grasa lubricante a partir de subproductos de la palma africana, de manera que la grasa obtenida sea más amigable con el medio ambiente.

Métodos utilizados y condiciones experimentales

Materia prima

Los subproductos de palma africana, fueron obtenidos de una planta de extracción ubicada en la provincia de Esmeraldas. Para la realización de este trabajo se utilizó aceite crudo de palma; estearina y oleína. Todos entregados con sus reportes de calidad satisfactorios. El aceite crudo de palma se encontraba con una humedad menor del 0.5%^(3,7) y un Índice de acidez menor al 8%.^(8,9) También se empleó hidróxido de sodio (PANREAC) para la formación de jabón, el antiespumante, como aditivo para evitar la formación de espuma; y aceite mineral (QUIMPAC ECUADOR S.A.) el cual se tomó como base para la realización de los ensayos.

Proceso de elaboración de grasa lubricante a partir de NaOH y aceites de palma

La técnica con la que se llevó a cabo este proceso, fue tomada de la investigación de Castro & Vaca en el 2011⁽³⁾ y adaptada según los tiempos, temperaturas y cantidades que se requirieron en los ensayos realizados en el laboratorio de la

Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres. Dicha técnica se describe a continuación. Se procedió como sigue: en un vaso de precipitados se adicionó 220 cm³ de aceite derivado de la palma africana más 10 cm³ de antiespumante. Se homogenizó y se le añadió 62 cm³ de hidróxido de sodio al 50%; se calentó a 313 K y una vez ocurrida la reacción de saponificación, se aumentó la temperatura hasta 333 K y se mantuvo a esa temperatura por 1h. Posteriormente se añadió el aceite base proveniente de la palma africana o el aceite mineral, según sea la formulación; se agitó por 1h y se guardó, en frascos limpios y secos, a temperatura ambiente para los controles posteriores.

Composición de las formulaciones de grasa lubricante obtenidas con subproductos de palma africana y aceite mineral

En la tabla No. 1, se detallan las diferentes formulaciones realizadas para la obtención de la grasas. Todos los ensayos fueron realizados a escala de laboratorio, por triplicado, obteniendo una masa total de 100 gramos en cada muestra.

Tabla No. 1- Formulaciones para obtención de grasa lubricante a partir de subproductos de la palma Africana y aceite mineral

N ° de ensayo	Aceite saponificar (20ml)	Aceite base
1	Oleína	AM (125cm ³)
2	Estearina	AM (125 cm ³)
3	AC	AM (125 cm ³)
4	AC	Oleína (25 cm ³)
5	AC	Estearina (25 cm ³)
6	AC	AC (25 cm ³)
7	AC	AM (25 cm ³)
8	AC	AC (50 cm ³)
9	AC	AM (50 cm ³)
10	AC	AM (25 cm ³) + AC (50 cm ³)
11	AC	AC (65 cm ³)

AC: Aceite Crudo; AM: Aceite Mineral. En todos los ensayos se utilizó el NaOH como reactivo para la saponificación.

Análisis de penetración para grasa lubricante

Este método consiste en medir la penetración de un cono de dimensiones específicas en masa y acabado a un Angulo de 90° y 0,150 Kg de peso. La penetración es medida en décimas de milímetros ⁽³⁾ y se utiliza la clasificación NLGI para grasas de acuerdo a su consistencia y medida por una penetración trabajada (tabla No. 2); para lo cual se coloca la muestra de grasa lubricante en una capsula y se deja caer libremente sobre ella el cono, luego de 5 segundos, se retira el cono y se procede a medir la longitud de penetración en decimas de milímetros. Posteriormente, se toma la capsula con la muestra de grasa lubricante y se somete a 60 golpes, para simular el efecto de trabajo. Después, se vuelve a medir la penetración con el cono, y se determina si existen variaciones, este último ensayo se denomina penetración trabajada.

Tabla No. 2- Clasificación de las grasas según el número de consistencia NLGI

# NLGI	Penetración en Funcionamiento (10 ⁻¹ mm)	Aspecto a TA	Uso en mecanismos
000	445-475	muy fluida	Engranajes
00	400-430	fluida	Engranajes y sistemas centralizados
0	355-385	semifluida	Cojinetes y sistemas centralizados
1	310-340	muy blanda	Empaquetaduras, Cojinetes y sistemas centralizados
2	265-295	blanda	Rodamientos, Cojinetes y válvulas
3	220-250	semidura	Rodamientos y Cojinetes
4	175-205	dura	Cojinetes lisos. Briquetas, equipos petroleros, etc.
5	130-160	muy dura	Cojinetes lisos. Briquetas
6	85-115	Extremadamente dura	Cojinetes lisos. Briquetas

Tomados de Repsol, S.A.; 2020 ⁽⁹⁾. NLGI, Instituto Nacional de Grasas Lubricante; TA: Temperatura Ambiente.

Punto de goteo

Es el valor que corresponde a la temperatura, a la cual cae la primera gota de

aceite, desde el orificio inferior de una copa de ensayo. Esta temperatura es el promedio entre la temperatura que marca el termómetro de la muestra y la temperatura del baño al que está sometida ⁽³⁾. El procedimiento para este ensayo es como sigue: se toma una muestra de grasa lubricante en una copa de ensayo, se coloca en el interior de una mufla y se varía la temperatura progresivamente. Se toma el tiempo transcurrido y la temperatura a la cual se desprende la primera gota de aceite de la grasa lubricante.

Resistencia al agua

Esta prueba consiste en medir cuanta resistencia a la humedad tiene la grasa lubricante expuesta en presencia de agua y a una temperatura elevada; para esto: se colocará un tubo de ensayo con agua destilada y en cuyo interior estará una varilla con una fina capa de grasa lubricante. Se coloca el tubo de ensayo en baño maría a 363 K por 4h. El resultado dependerá de la capacidad que posea la grasa para soportar el agua y temperatura, sin desprenderse de la varilla. ⁽¹⁰⁾

Protección contra la corrosión

Para este ensayo, se realizan dos tipos de ensayos

- **Ensayo con rodamientos:** Para este ensayo se lubricaron unos rodamientos con una mezcla de la grasa lubricante y agua destilada. Se procedió a reposar a temperatura ambiente por 72h, y posteriormente se analiza, por observación visual, si hay presencia de corrosión, de ser así, se medirá el impacto con valores en una escala de 0 a 5, donde 0 es ausencia de corrosión y 5 es corrosión muy intensa.
- **Ensayo con lámina de cobre:** Para este ensayo, se empleó una lámina de cobre, la cual se recubrió con una fina capa de grasa lubricante, se colocó en una mufla a 343 K por 4h. Al retirar la lámina, se retirará la grasa de la varilla y se procederá a determinar, por observación visual, si existe presencia de corrosión y su magnitud. ⁽⁵⁾

Prueba experimental de la grasa lubricante obtenida, en un motor de una amoladora

La muestra de grasa lubricante obtenida fue probada en un motor de una amoladora, cuya velocidad angular es de 3750 revoluciones por minuto. Para llevar a cabo esta prueba experimental, se procedió a abrir la amoladora, quitando los restos de grasa lubricante comercial y colocando suficiente grasa lubricante obtenida en esta investigación, entre los engranajes de los piñones que se encuentran en el interior de la máquina, posteriormente se cerró la máquina y se utilizó por 1 mes.







Resultados y Discusión

Análisis de los resultados obtenidos en 11 formulaciones realizadas para la obtención de grasa lubricante a partir de subproductos de palma africana

De acuerdo con los resultados obtenidos en cada uno de las 11 formulaciones, en las que se utilizaron como grasa para el proceso de saponificación, la estearina, oleína o aceite crudo, se obtuvieron buenos resultados en la formación del jabón, en cambio cuando se utilizó aceite mineral, no ocurrió el proceso de saponificación, lo cual es debido a que el aceite mineral carece de ácidos grasos, los cuales si están presentes en la estructura de los aceites vegetales, confirmando así, lo expuesto en la investigación de Aranzabe E. y Málaga A. en el 2019.⁽¹¹⁾ Además, se pudo observar que de las 11 formulaciones ensayadas, las primeras 6 presentaron inconvenientes en su consistencia, textura y/o resistencia a la temperatura, por lo que estas formulaciones fueron rechazadas.

En la tabla No. 3 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de las últimas 6 formulaciones (6 a la 11) que contenían aceite crudo en la formación del jabón y aceite mineral o aceite crudo para la obtención de la grasa lubricante, en las que el producto final presentó una consistencia y/o apariencia similar a la de la grasa lubricante comercial.

Tabla No. 3- Análisis de resultados obtenidos en 6 formulaciones para la obtención de

Formulación	Aceite para saponificar	Aceite base	Imagen de muestra	Observaciones
6	AC	25 cm ³ AC		Consistencia de grasa, pero luego de varias horas se solidificó
7	AC	25 cm ³ AM		Consistencia de grasa
8	AC	50 cm ³ de AC		Consistencia de grasa blanda
9	AC	50 cm ³ de AM		Consistencia de grasa blanda, color amarillo mostaza.
10	AC	25 cm ³ AM +50 cm ³ AC		Consistencia de grasa blanda y suave, brillante, color amarillo oscuro.
11	AC	65 cm ³ AC		Consistencia de grasa blanda, más brillante y suave, color oscuro.

grasa lubricante a partir de subproductos de la palma africana y aceite minera.

Formulación: se corresponde con el número de las formulaciones de la tabla No. 1 en Materiales y Métodos; AC, Aceite Crudo; AM, Aceite Mineral.

Si comparamos los resultados mostrados en la tabla No. 3 para las formulaciones 6, 8 y 11 se puede observar que en la formulación 6, al cabo de unas horas, la grasa se solidificó, mientras que en las formulaciones 8 y 11 esto no ocurrió, siendo la formulación número 11, la que contenía mayor cantidad de aceite crudo, donde la grasa obtenida presentó las características de consistencia, brillo y color más parecidas a las que presentan las grasas comerciales. Lo mismo se pudo observar que ocurrió en los ensayos 7, 9 y 10, donde se utiliza el aceite mineral para obtener la grasa. Por lo que se puede deducir que el volumen de aceite adicionado en la etapa de obtención de la grasa lubricante, es un factor crítico

para obtener el producto deseado.

También, los resultados obtenidos con las formulaciones a base de aceite crudo en las 2 etapas de obtención de la grasa lubricante, demuestran que el aceite crudo es ideal para la obtención de la grasa, no solo por sus propiedades, sino también porque ofrece mejores resultados en la consistencia de la grasa según los resultados obtenidos en esta investigación.

Resultados de las propiedades de la grasa lubricante obtenida

Una vez obtenidos estos resultados y después de varias semanas de obtenida la grasa se procedió a realizar un análisis comparativo entre las 5 muestras ya mencionadas (formulaciones de la 7 al 11) de grasa lubricante obtenidas en esta investigación.

Resultados del análisis de penetración

En la tabla No. 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis de penetración, en las muestras de grasa lubricante obtenida, los cuales reflejan la consistencia de esta grasa.

Tabla No. 4- Análisis de penetración en la grasa lubricante obtenida

Nº de ensayo	Penetración (10 ⁻¹ mm)	Grado	Consistencia	PT (10 ⁻¹ mm)	Grado	Consistencia
7	145	5	Muy dura	155	5	Muy dura
8	150	5	Muy dura	155	5	Muy dura
9	180	4	Dura	190	4	Dura
10	240	3	Semidura	270	2	Blanda
11	270	2	Blanda	290	2	Blanda
Grasa de Calcio	310	1	Muy blanda	340	1	Muy blanda
Grasa de Sodio	200	3	Semidura	263	2	Blanda

Datos de grasa de Ca y Na, tomados de Franco Días A.; 2006;⁽¹⁰⁾ PT: Penetración Trabajada. Grado: se refiere al No. NLGI de la tabla 2.

Los resultados de la medición de penetración en la grasa lubricante obtenida,

demuestran que las formulaciones 7 y 8, presentaron una consistencia muy dura, la muestra 9 una consistencia dura, sin variación alguna al ser sometidas al ensayo de Penetración trabajada, es decir, estas no son aptas para su aplicación en motores. Mientras que las formulaciones 10 y 11, poseen un grado de 3 y 2, que se corresponde con una consistencia de semidura y blanda respectivamente. Estas muestras se encuentran dentro del rango de 1–3, establecidas por el NLGI; valores que representan las consistencias de grasas para uso en motores. Además, sus valores no presentan gran variación en la medición de penetración trabajada, luego de que las muestras de grasa se sometieran a los 60 golpes (para simular el proceso de trabajo).

Resultados del análisis de punto de goteo

En la tabla No. 5 se muestran los resultados obtenidos del análisis de punto de goteo, en las muestras de la grasa lubricante obtenida en las formulaciones del 7 al 11, los cuales reflejan la resistencia de las grasas frente al aumento de la temperatura. Al igual que en el análisis anterior se toman como controles los valores reportados por Franco Días A. en el 2006 ⁽¹⁰⁾ para grasas obtenidas con hidróxidos de Sodio y de calcio.

Tabla 5- Análisis de punto de goteo en la grasa lubricante obtenida

Formulación	7	8	9	10	11	Grasa Calcio	Grasa sodio
Temp. inicial (K)			301			-	-
Temp. goteo (K)	343	343	348	348	393	384.6	441.7

Datos de grasa de calcio y sodio, tomados de Franco Días A.; 2006. ⁽¹⁰⁾

Los resultados de la medición del punto de goteo, demuestran que las muestras 7, 8, 9 y 10 poseen una baja resistencia a la temperatura, es decir, no resiste temperaturas de trabajo superiores a los 348 K, sin embargo, la muestra 11 mantiene una resistencia a la temperatura hasta los 393 K.

Los resultados obtenidos en este ensayo concuerdan con lo planteado por la literatura ⁽³⁾ quién plantea en su trabajo que las grasas sódicas presentan un punto de goteo entre 393 y 453 K.

En comparación con las grasas lubricantes de calcio y sodio, obtenidas por la literatura, ⁽¹⁰⁾ la grasa de sodio obtenida con la formulación 11, posee una elevada resistencia a altas temperaturas, no obstante, cabe recalcar que la grasa obtenida por ⁽¹⁰⁾ en su investigación contiene aceite lubricante comercial como aceite base, cuyas propiedades se atribuyen a una gran cantidad de aditivos que se utilizan en su fabricación industrial.

Resultados de la resistencia al agua

En la tabla No. 6 se muestran los resultados obtenidos del análisis de resistencia al agua, en las muestras de grasas lubricante obtenidas, estos datos reflejan la resistencia que poseen las grasas frente a la presencia de agua y aumento de temperatura.

Tabla No.6- Análisis de resistencia al agua en la grasa lubricante obtenida

Formulación	7	8	9	10	11	Grasa Calcio	Grasa sodio
Temp (K)			363			-	-
Tiempo (h)			3			-	-
Perdida (%)	75.6	67.2	80.9	63.4	50.1	15.46	51.57

Datos de grasa de Ca y Na, tomados de Franco Días A.; 2006. ⁽¹⁰⁾

En los resultados de la medición de resistencia al agua de las grasas lubricantes obtenidas, se observan que las formulaciones del 7 al 10 presentaron un porcentaje de pérdida de grasa en la varilla mayor al 60% con la presencia de agua, mientras que en la muestra 11 se observó una pérdida inferior (50%). Con estos resultados se puede afirmar que las grasas obtenidas con las formulaciones del 7 al 10 presentan baja resistencia a la presencia de agua a altas temperaturas.

Está descrito en la literatura que las grasas obtenidas a partir de jabón de sodio, no poseen buena resistencia al agua, ^(3,12) ya que son capaces de absorber el agua presente en la superficie, en comparación con una grasa lubricante a partir de jabón de calcio. No obstante, las grasas obtenidas con jabón de sodio presentan la ventaja de que es fácil eliminar, en caso de recambios en los equipos, y no requiere, para ser removida, el uso de gasolina u otros productos

químicos que se convierten en contaminante.

Los resultados obtenidos en esta investigación, para el ensayo 11 (50,1%), concuerdan con los obtenidos por Franco Días A. en el 2006 en su grasa de Na (51,7%).⁽¹⁰⁾

Resultados de la protección contra la corrosión

En el ensayo de corrosión realizado en los rodamientos con las muestras de grasas lubricantes obtenidas, no se observó en ningún caso presencia de corrosión en los rodamientos empleados, por lo que el valor otorgado en la escala de 0 a 5 fue 0 para todas las muestras estudiadas.

Estos datos reflejan la protección que otorga la grasa a las piezas metálicas que entran en contacto con ella.

Los resultados obtenidos en el otro ensayo de corrosión, donde se empleó una varilla de cobre se pueden observar a continuación en la figura No. 1.

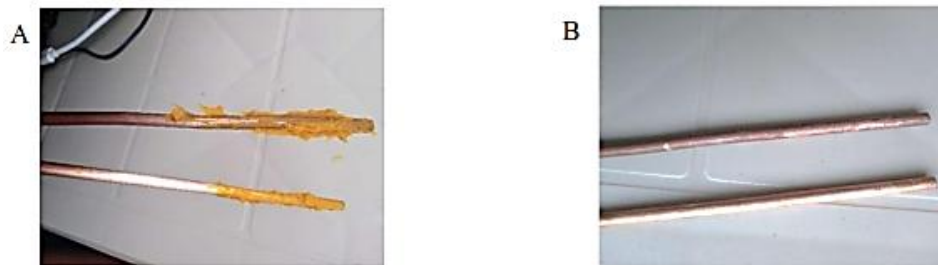


Fig. 1. A: Varillas de cobre cubiertas con la grasa obtenida para la prueba de corrosión; **B:** Varillas de cobre sin óxido después de terminada la prueba de corrosión y removida la grasa de las mismas.

Como se puede observar en la figura 1 B, al retirar la grasa, una vez finalizado el ensayo, no se observó la presencia de picaduras, ni otros indicios que indicaran la presencia de óxido.

Los resultados de la medición de corrosión en la grasa lubricante obtenida, tanto en los rodamientos, como en el ensayo de la varilla de cobre, demuestran que la grasa obtenida tiene muy buena protección contra la corrosión, esto significa que posee características similares en comparación con otras grasas lubricantes comerciales. Estos resultados son consistentes con reportes de la literatura que plantean que las grasas sódicas proporcionan buena protección contra la

oxidación, ya que absorben el agua; ^(3, 12) además de que el aceite de palma africana, posee componentes anticorrosivos, evitando el uso de otros aditivos, y a su vez, lo convierte en un producto ecológico y biodegradable, estimando que la formulación del ensayo número 11, solo contiene aceite crudo de la palma africana y ningún otro tipo de aceite base.

Clasificación y usos de la grasa lubricante, según el número de consistencia, obtenida del Instituto Nacional de Grasas Lubrificantes

Teniendo en cuenta la clasificación de los usos establecidos para cada tipo de grasa lubricante, según su consistencia establecido por el NLGI (tabla 2) y de los resultados obtenidos en los análisis realizados a las muestras de grasa obtenidas en esta investigación (tabla 3), podemos definir a la muestra de la formulación número 11 como bio-grasa lubricante de grado 2, es decir, que es apta para su empleo en rodamientos, cojinetes y válvulas, que no sean sometidos a altas presiones ni cargas, también puede ser utilizada en mecanismos expuestos al aire, ya que brinda una protección eficiente contra la corrosión (tabla 7), cabe resaltar que se debe usar en sistemas con temperaturas moderadas y en ausencia de agua.

Resultados de la prueba experimental de la grasa lubricante obtenida, en un motor de una amoladora

Luego de 5 meses en el laboratorio, la muestra 11 de grasa lubricante obtenida fue probada por 21 días, en un motor de una amoladora, cuya velocidad angular es de 3750 revoluciones por minuto (rpm).

Los resultados demostraron que la bio-grasa obtenida permitió un correcto funcionamiento del motor, además de resistir la temperatura generada por el movimiento de los piñones, sin causar ningún tipo de fricción ni presencia de corrosión en las piezas internas. Estos resultados concuerdan con otros investigadores ⁽³⁾ los cuales plantean que las grasas sódicas presentan buena resistencia a los esfuerzos mecánicos.

Conclusiones

Según los resultados expuestos anteriormente podemos concluir que en este trabajo se obtuvo una bio-grasa conformada por el 93% de aceite crudo de palma, el 6% de hidróxido de sodio y el 1% de antiespumante. Esta bio-grasa según la clasificación de grasas lubricantes del NLGI pudo catalogarse como grasa de tipo 2 con una consistencia de blanda a temperatura ambiente y que es apta para su empleo en rodamientos, cojinetes y válvulas, que no sean sometidos a altas presiones ni cargas, así como que también puede ser utilizada en mecanismos expuestos al aire, ya que brinda una protección eficiente contra la corrosión.

Referencias bibliográficas

1. MATUTE DÍAZ, JA., & Sarmiento Ríos, DT. *Obtención de aceite base mineral mediante la recuperación del aceite usado en vehículos automotrices*. Tesis de Ingeniería inédita. Tripaldi Cappelletti, P. (dir). Universidad del Azuay, Ecuador, 2012.
2. SOLER, F. Aceite de Palma: Cultivo, Procesos de Obtención, Refinación, y Transformación. LIPSA [En línea]. Ecuador, disponible en: <http://www.aiqs.es/uploads/managearticle/7/2018/03/16/20180316120421-0559.pdf>, 2018. (Acceso en Abril 9; 2021)
3. CASTRO SÁNCHEZ, EA., & VACA NÚÑEZ, CA. *Elaboración de grasas lubricantes multipropósito grado 2 a partir del aceite de palma*. Tesis de Ingeniería Química, Ecuador, 2011.
4. PIC., & CUÉLLAR SMC. Productos derivados de la industria de la palma de aceite: usos. *Revista Palmas*, 1997, **18**(1), pp. 33-48. ISSN 0121-2923.
5. ARROYO FABARS, JM., DÍAZ VELÁZQUEZ, M., & LAFARGUE-PÉREZ, F. Formulación de grasas lubricantes utilizando como medio dispersante aceite de jatropha curcas I. *Revista Tecnología Química*, 2015, **35**(1), pp. 73-80. ISSN 2224-6185.
6. NÚÑEZ CARBALLAR, N. *Desarrollo de formulaciones de grasas lubricantes*

- biodegradables basadas en aceites vegetales y derivados celulósicos*. Tesis Doctoral inédita. Franco Gómez, JM y C. Valencia Barragán (dir). *Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencias de los Materiales*, Universidad de Huelva, España. 2016,
7. RIVERA MONTALVÁN, C.O., RIVERA MONTALVÁN, PP., & RIZO PENADO, JM. *Desarrollo de un método analítico alternativo para la determinación del porcentaje humedad y materia volátil en aceite vegetal de uso comestible*. Tesis de Licenciatura inédita. L. Mendoza Blanco (dir.). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; León; Nicaragua; 2015.
 8. GARCÍA MARTÍNEZ, EM., Fernández Segovia, I., Fuentes López, A. *Determinación del enranciamiento hidrolítico de un aceite de oliva mediante el Grado de Acidez*. Departamento de Tecnología de Alimentos. ETSIAMN. Universitat Politècnica de València. España, 2014. <http://hdl.handle.net/10251/38367>. (Acceso en Abril 9; 2021).
 9. REPSOL, S.A. *Catálogo de grasas lubricantes de alto rendimiento*; Madrid-España. 2020, p. 6-8. https://www.repsol.com/imagenes/global/es/catalogo_repsol_grasas_tcm13-46449.pdf (Acceso en Abril 9; 2021).
 10. FRANCO DÍAZ, del PA. *Desarrollo y evaluación de grasas lubricantes a partir de aceite de palma*. Tesis de Ingeniería inédita. Beltrán RG. y R. Gómez (dir.). Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 2006.
 11. ARANZABE E., & MÁLAGA A. GRASAS LUBRICANTES. Boletín Mensual sobre Lubricación y Mantenimiento. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. *Wearcheckiberica*, N°5 Jun-2004. <https://www.coursehero.com/file/40470403/Principios-basicos-GRASASpdf/>. (Acceso en Abril 9; 2021).
 12. GUZMÁN, L. *Grasas lubricantes aplicadas a la industria*. Tecnología Educativa-Monografía.com. México. 2004. ISBN 978-970-829-013-5. <https://www.monografias.com/trabajos16/grasas-lubricantes/grasas->

[lubricantes.shtml](#) (Acceso en Abril 9; 2021).

Conflictos de Intereses: Los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

Contribución de cada autor al artículo

Osmir Cabrera Blanco: Dirigió toda la Investigación, diseño de los experimentos, participó en la discusión de los resultados y escribió el trabajo.

Dennise Gabriela Patiño Altafuya: Realizó el trabajo experimental, participó en el diseño de los experimentos, en la discusión de los resultados y en la escritura del documento.

Diana Rosa Alcorta Cuello: Revisión del diseño de experimentos, aportó a la discusión de los resultados y participó en la revisión de la versión final del trabajo.

Maribel Cuello Pérez: Otorgó el tema de la Investigación, participó en el diseño y discusión de los resultados y en la revisión de la versión final del trabajo.