

# Improvements in the Finishing Process of a Lubricant Base from a Refinery for Used Motor Oil

Irina León González, MSc<sup>1</sup>, Yris González PhD<sup>1</sup>, Sergio A. Pérez, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, [iribleon@espol.edu.ec](mailto:iribleon@espol.edu.ec), [ykgonzal@espol.edu.ec](mailto:ykgonzal@espol.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad de Carabobo, Venezuela, [sperez@uc.edu.ve](mailto:sperez@uc.edu.ve)

**Abstract:** *This work presents the development of treatments for the finishing process of a lubricating base obtained in an industrial process by vacuum distillations, and that currently presents undesirable characteristics in relation to color and smell. A change in the adsorbent filter material, from attapulgate to silica gel, was evaluated as an alternative treatment to the one used, then a previous chemical treatment with concentrated sulfuric acid in a proportion of 1% w / w and filtration with silica gel was considered, and finally, the chemical treatment with sulfuric acid followed by extraction with anhydrous ethanol was evaluated. De the treatments evaluated, the chemical treatment with acid and subsequent extraction with ethanol allow to achieving quality parameters higher than that of a commercial base used as a reference.*

**Keywords:** *Lubricating base oil, Odor, Color, Finishing.*

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.181>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# Mejoras en el Proceso de Acabado de una Base Lubrificante proveniente de una Refinería de Aceites Usados de Motor

Irina León González, MSc<sup>1</sup>, Yris González PhD<sup>1</sup>, Sergio A. Pérez, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, [iribleon@espol.edu.ec](mailto:iribleon@espol.edu.ec), [ykgonzal@espol.edu.ec](mailto:ykgonzal@espol.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad de Carabobo, Venezuela, [sperez@uc.edu.ve](mailto:sperez@uc.edu.ve)

**Resumen:** Este trabajo presenta el desarrollo de mejoras en el tratamiento de acabado de una base lubricante obtenida en un proceso industrial mediante la tecnología por destilaciones al vacío, y que actualmente presenta características no deseables en relación con el color y olor. Se evaluaron como tratamientos alternos al utilizado, un cambio en el material filtrante adsorbente, de atapulgita por sílica gel. Adicionalmente se consideró un tratamiento químico previo con ácido sulfúrico concentrado en una proporción de 1% p/py filtración con sílica gel, y finalmente se evaluó el tratamiento químico con ácido sulfúrico seguido por una extracción con etanol anhidro. De los tratamientos evaluados, el tratamiento químico con ácido y posterior extracción con etanol permiten alcanzar parámetros de calidad comparables al de una base comercial utilizada como referencia.

**Palabras Claves:** Bases lubricantes, Olor, Color, Acabado.

**Abstract:** This work presents the development of treatments for the finishing process of a lubricating base obtained in an industrial process by vacuum distillations, and that currently presents undesirable characteristics in relation to color and smell. A change in the adsorbent filter material, from atapulgite to silica gel, was evaluated as an alternative treatment to the one used, then a previous chemical treatment with concentrated sulfuric acid in a proportion of 1% w / w and filtration with silica gel was considered, and finally, the chemical treatment with sulfuric acid followed by extraction with anhydrous ethanol was evaluated. De the treatments evaluated, the chemical treatment with acid and subsequent extraction with ethanol allow to achieving quality parameters higher than that of a commercial base used as a reference.

**Keywords:** Lubricating base oil, Odor, Color, Finishing.

## I. INTRODUCCION

Los aceites lubricantes son productos químicos con una composición del 80 al 90% de destilados del petróleo y del 20

al 10% de aditivos, respectivamente. Además, estos aceites contribuyen en la disminución de la fricción, corrosión y actúan como medio de transferencia de calor en varios equipos. En el transcurso de su ciclo de operación, los aceites lubricantes se debilitan y degradan en sus propiedades, tales como: punto de inflamación, gravedad específica, viscosidad y entre otros. Estos cambios en sus propiedades y la presencia de contaminantes (agua, cenizas, barnices, etc.) convierten al aceite lubricante en inadecuado para su uso [1].

Los aceites lubricantes usados se consideran como residuos peligrosos debido a la presencia de metales pesados (arsenio, cromo, cadmio y plomo) y compuestos químicos, tales como, hidrocarburos aromáticos policíclicos, benceno, solventes clorados, entre otros. En el manejo de estos residuos se debe evitar su combustión, debido a que contaminan el aire y provocan enfermedades cancerígenas en las personas.

Hoy en día, se han incorporado nuevas tecnologías para la refinación de los aceites lubricantes usados e incluso se destaca que los nuevos procesos ofrecen mejor rendimiento en comparación a los procesos convencionales. Además, la regeneración de los aceites lubricantes usados promueve una disminución del 90% de los impactos ambientales [2].

Existen diferentes tecnologías para la regeneración de la base lubricante a partir de los aceites usados, tales como, ácido-arcilla; destilación al vacío; evaporación de película delgada, extracción por solventes e hidro-tratamiento. La selección de la tecnología de tratamiento debe considerar los siguientes criterios: seguridad, salud, sostenibilidad y costos [3, 4].

Una característica operacional relacionada con la tecnología basada en destilaciones al vacío en la recuperación de bases lubricantes es el uso de altas temperaturas, lo que promueve la formación de compuestos indeseables como aromáticos y resinas, que dan características indeseables en las bases lubricantes obtenidas en el color y olor. En este sentido, se requiere entonces una etapa de pulimientado final, mediante procesos con adsorción de medios filtrantes, extracción con solventes, hidrotamientos, con el objetivo de obtener una base aceptable para fines comerciales [4, 5].

El objetivo principal de esta investigación es realizar la evaluación de tratamientos que permitan el tratamiento final de una base lubricante, obtenida a partir de un proceso industrial existente basado en destilaciones al vacío, que presenta características no deseables a nivel de color y de olor, limitando su competitividad en el mercado local. [6]

## I. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. *Materiales*

En el estudio se utilizó la base lubricante proveniente del proceso de refinación de aceite usado de motor (AUM) de la empresa Elementa Ecuador S.A, basado en la tecnología de separaciones al vacío. Las muestras se transfirieron a matraces apropiados mantenidos separados de la luz y a temperatura ambiente para su posterior manipulación, sin tratamiento adicional. Los materiales adsorbentes empleados fueron la arcilla comercial de atapulgita activada, Micro-Sorb 30/60 LVM (BASF, USA) y sílica gel con granulometría de 30-120 mesh (Tanyun Junrong Chemical Research Institute New Materials Incubator Co., Ltd., China). El disolvente utilizado fue etanol (Coderal, Ecuador) con pureza superior al 99,0%, y los reactivos químicos utilizados fueron ácido sulfúrico con pureza superior al 98,0% (Damaus, Ecuador). En el estudio se utilizó como referencia de comparación una base lubricante proveniente del refinado de aceites usados de motor, con parámetros de calidad ajustados a los estándares del mercado local.

### B. *Caracterización de bases lubricantes*

Tanto la base lubricante sin ningún tratamiento, así como a las bases obtenidas luego de los tratamientos de mejoras, se caracterizaron midiendo las propiedades físicas como viscosidad, densidad, punto de inflamación. Adicionalmente en ambos casos, el color fue determinado por un colorímetro siguiendo el método estándar ASTM D-1500 (Seta-Lovibond Color Comparator - 15250-4, UK) y la intensidad del olor fue medida por un medidor de olor de portátil modelo OMX-SRM (Kanomax, USA).

El OMX-SRM se centra en las sustancias químicas contenidas en un olor y este dispositivo muestra la fuerza relativa de un olor numéricamente mediante el uso de sensores de gas semiconductores.

### C. *Descripción del Proceso Actual de Refinación de AUM*

El proceso de refinación de aceites usados está conformado por tres etapas denominadas SKID 1, SKID2 y SKID 3; representan al conjunto de equipos conformados por intercambiador de calor, destilador flash, condensador, tanque de recolección de condensado, bomba de vacío y bombas para alimentación y salida de aceite usado.

En la Fig. 1 se presenta el diagrama de flujo del proceso con la respectiva identificación de cada equipo. El proceso inicia con la alimentación del aceite usado, mediante la bomba SK1-M1 hacia la etapa SKID 1, donde el primer separador SKID-1 opera a una presión de vacío menor a 13.8 KPa y una temperatura determinada en el intercambiador SK-1-TT1. En esa separación inicial se remueve el agua presente en la corriente de aceite usado, además de las fracciones de hidrocarburos ligeros, que son luego condensadas en el intercambiador SK-1-TT2.

Después de la primera separación, el aceite es enviado por la bomba SK1-M2 hacia el separador flash SKID-2, se

calienta previamente a través del intercambiador de calor SK2-TT1 a una temperatura superior a 260°C, con el fin de eliminar en esta etapa el diésel en el destilador flash, a una presión de vacío inferior a 13.8 KPa, los vapores son condensados por medio del intercambiador de calor SK2-TT2.

Finalmente, la corriente de aceite usado es bombeada por SK2-M1 hacia dos intercambiadores de calor SK3-TT1, para ser calentada hasta una temperatura superior a 320 °C, antes de ser alimentado al destilador flash del SKID-3 que opera a una presión de vacío menor a 13.8 KPa

Los productos obtenidos de la destilación son la base lubricante, como producto de tope, y condensada en el intercambiador de calor SK3-TT2, y los asfáltenos pesados como producto de fondo. Finalmente, la base condensada, es sometida a una filtración con arcilla comercial, correspondiente a atapulgita activada Micro-Sorb 30/60, a fin de mejorar el color y olor final de la base obtenida actualmente.

### D. *Mejora del proceso de acabado de la base lubricante*

Debido a que la base lubricante obtenida actualmente presenta algunas características críticas asociadas al color y olor, y dificultan su uso y competitividad en el mercado del aceite lubricantes, se propone desarrollar mejoras para la etapa de acabado del proceso, con un bajo costo de inversión y produciendo un aceite con una mejor calidad.

Se considerará una arcilla adsorbente alternativa, con una mayor superficie de adsorción, como el gel de sílice, y progresivamente incluir un pretratamiento químico con ácido sulfúrico en una baja concentración en la base lubricante destilada, y una extracción con disolvente utilizando etanol.

A los fines de los ensayos de laboratorio, se realizarán las pruebas mediante la filtración de la base proveniente del tercer reactor, con 25 g de sílica gel, y evaluar la dinámica de variación de color y la intensidad del olor, como una primera mejora.

En una segunda propuesta de mejora, incorporar un tratamiento químico con ácido sulfúrico utilizando una concentración de p/p del 1%, seguido de un paso de centrifugación a 5000 rpm durante 5 minutos, y posterior filtración con las arcillas adsorbentes utilizadas.

Un tercer tratamiento propuesto contempla, a la base inicial, realizar el tratamiento químico con ácido sulfúrico, seguido de una centrifugación, y finalmente una extracción con etanol con una relación solvente/base 1:1 (v/v).

La Fig. 2 muestra la escala de patrones para medición cuantitativa del color. Cabe destacar que la base lubricante comercial utilizada como referencia, presenta un color uniforme de 2.0, debido al proceso de refinación utilizado en ese caso.

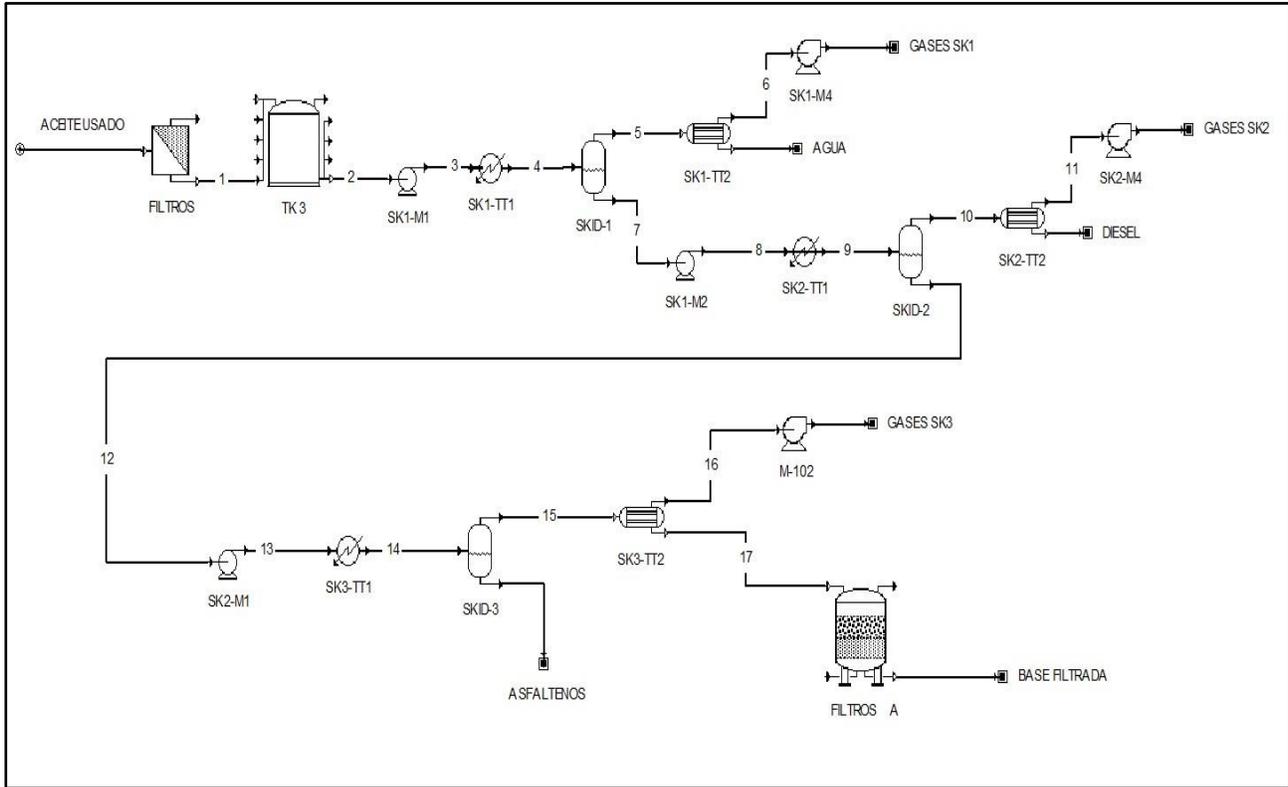


Fig. 1 Diagrama de flujo del proceso actual de refinación de aceite usado de motor



Fig. 2 Escala de colores según método estándar ASTM D1500

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Caracterización de la base lubricante inicial y de referencia comparativa

La tabla I presenta los valores medidos en el laboratorio para las principales características de la base lubricante obtenida actualmente, y los determinados para la base de referencia comparativa utilizada.

En relación con el color final de la base lubricante mediante el proceso actual, considerando que se utiliza un proceso de adsorción a nivel superficial con una arcilla adsorbente, se produce una saturación de la superficie de la arcilla, resultado de la captación de los compuestos indeseables eliminados, y que son la fuente del color oscuro e intenso mal olor obtenidos actualmente.

TABLA I  
PARAMETROS DE CALIDAD DETERMINADOS PARA LA BASE LUBRICANTE INICIAL Y LA COMERCIAL DE REFERENCIA

Parámetro	Base Lubricante Inicial	Base Lubricante de Referencia
Viscosidad 40 °C (Cp)	38.4	40.3
Viscosidad 100 °C (Cp)	4.12	6.25
Densidad (g/ml)	0.85	0.86
Punto Inflamación (°C)	185	198
Color (ASTMD1500)	5.5	2.0

La Fig. 3 presenta los resultados de la dinámica de saturación de la arcilla en base a atapulgita utilizada actualmente como medio filtrante, y de donde se evidencia que, al comenzar la filtración en una arcilla virgen, se logra una base lubricante con colores de intensidad inferior al utilizado como de referencia de 2.0, y aceptable en el mercado local. Sin embargo, en la medida que continua el proceso de filtración, se observa la saturación superficial del material adsorbente, obteniéndose cada vez una base con un color más intenso, llegando a un punto de saturación crítico, definido cuando la base lubricante ya presentaría un color superior a 2.0, y que se logra con la relación base filtrada (VF), versus masa de arcilla filtrante (CW) igual a 3.5 aproximadamente.

Por otra parte, con relación al parámetro olor de la base obtenida actualmente, tal como se observa en la Fig. 6, la intensidad de olor de la base una vez filtrada con atapulgita resulta evidentemente muy alto, factor que se evidencia igualmente de forma sensorial. En este caso, para un periodo de muestro de 120 s, inicialmente se detecta una intensidad máxima del orden de 225, para luego estabilizarse a una intensidad de 140.

Comparativamente, la base lubricante utilizada como referencia, en promedio presenta una intensidad mayor del olor del orden de 15 aproximadamente. Es decir, que la base obtenida actualmente presenta un factor de intensidad 10

veces más fuerte que la base comercial aceptada en el mercado.

#### B. Evaluación de mejoras mediante el uso de sílica gel

Como alternativa inicial de mejoras al proceso existente, se propone cambiar el material absorbente actual, la atapulgita que presenta un área superficial de 70 m<sup>2</sup>/g, por uno de mayor área superficial, como la sílica gel comercial, que tiene un área superficial de 400 m<sup>2</sup>/g.

La Fig. 3 muestra que un cambio del medio de filtrado, se mejora la capacidad de adsorción, pues se aumenta el nivel de capacidad de adsorción en un factor de 2.4 veces, al aumentar el punto de saturación crítico de 3.5 L/kg para la atapulgita a un valor de 8.5 L/kg en el caso de la sílica gel. La incorporación de esta mejora no implicará cambios a nivel del proceso actual de filtración, y se obtendría una disminución de los costos de operación, pues el volumen de base filtrada será mayor.

Con relación a la intensidad del olor de la base lubricante obtenida luego del este nuevo tratamiento, la Fig. 6 muestra que se logra una reducción en la intensidad del olor, pero que se estabiliza a un valor de 80, es decir una intensidad 5 veces mas fuerte que la base de referencia, lo que aún no la hace competitiva a nivel del mercado local.

#### C. Evaluación mediante el uso de ácido sulfúrico y sílica gel

En una segunda propuesta de mejora, se incorporó un tratamiento químico con ácido sulfúrico utilizando una concentración del 1% p/p, esto con el propósito de precipitar algunos compuestos resinosos y aromáticos, seguido de un paso de centrifugación a 5000 rpm durante 5 minutos y posterior filtración con las arcillas adsorbentes utilizadas.

La Fig. 3 muestra el efecto beneficioso de la aplicación del tratamiento con ácido, previo la filtración, pues se logra aumentar la capacidad crítica de adsorción de la sílica gel, de un valor de 8.5 L/kg hasta un valor de 26 L/kg.

Respecto al color, luego del tratamiento ácido y centrifugación de la base lubricante, se logra una apreciable mejora en la intensidad de color, tal como se observa en la Fig. 4, donde igualmente se observa la fracción de resinas y aromáticos precipitados, resultado del tratamiento ácido realizado. Mediante este tratamiento se logra una reducción del color inicial de 5.5 hasta un valor de 2.5-3.0.

Luego esta base ya mejorada, fue tratada mediante filtración con sílica gel, a fin de lograr una intensidad de color comparable a la base lubricante de referencia. La Fig. 5 muestra la progresión de variación del color resultante de la filtración realizada.

Por otra parte, con relación a la intensidad del olor, tal como se observa en la Fig. 6, igualmente se logra una disminución de la intensidad, hasta un valor de 40 aproximadamente pero ya la diferencia de olor respecto a la base referencial en menor, siendo 2.5 veces más intenso.

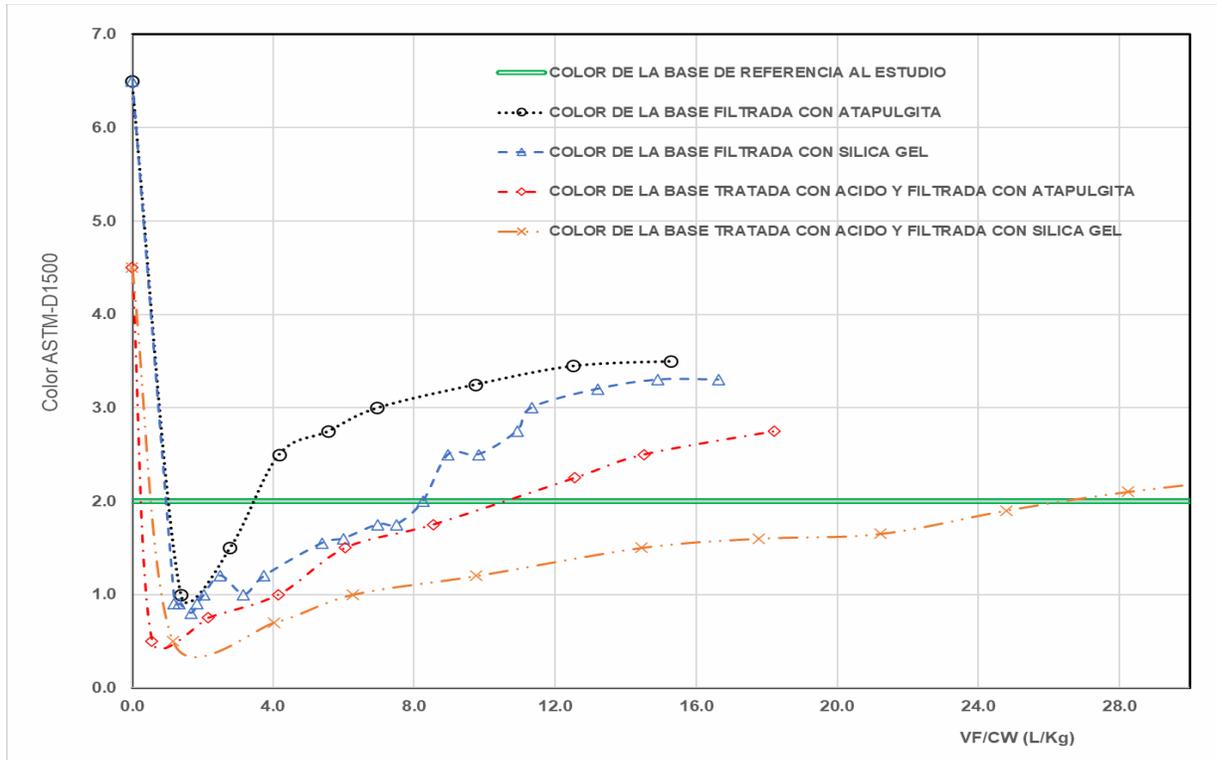


Fig. 3 Intensidad del color y dinámica de saturación de arcillas filtrantes en el proceso de acabado de bases lubricantes



Fig. 4 Intensidad del color resultante en la base lubricante tratada con ácido sulfúrico y centrifugación

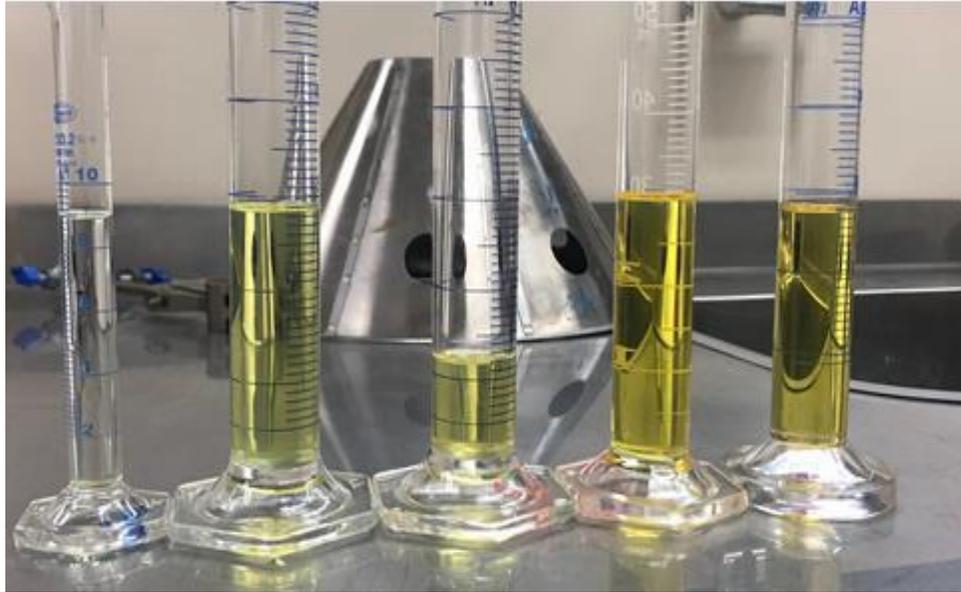


Fig. 5 Variación del color resultante en la base lubricante tratada con ácido sulfúrico, centrifugación y filtración con sílica gel

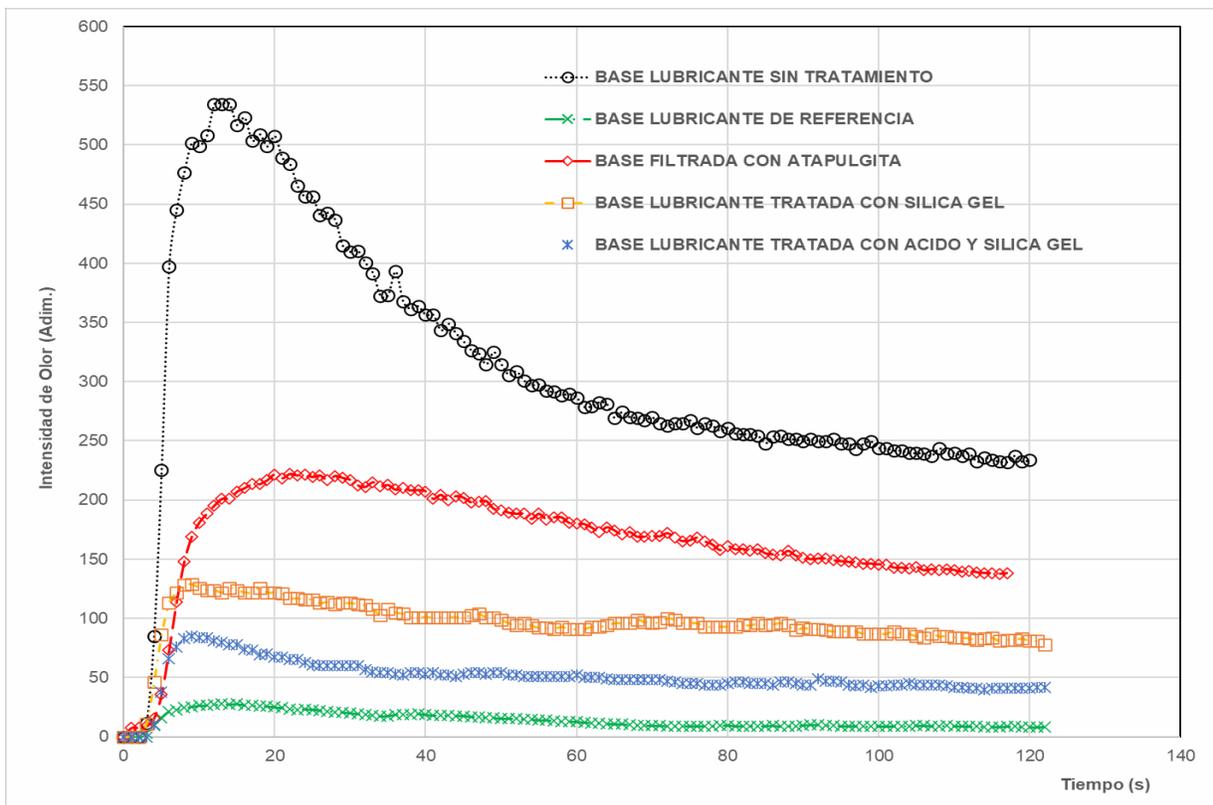


Fig. 6 Intensidad del olor para diferentes tratamientos utilizados en el proceso de acabado de bases lubricantes

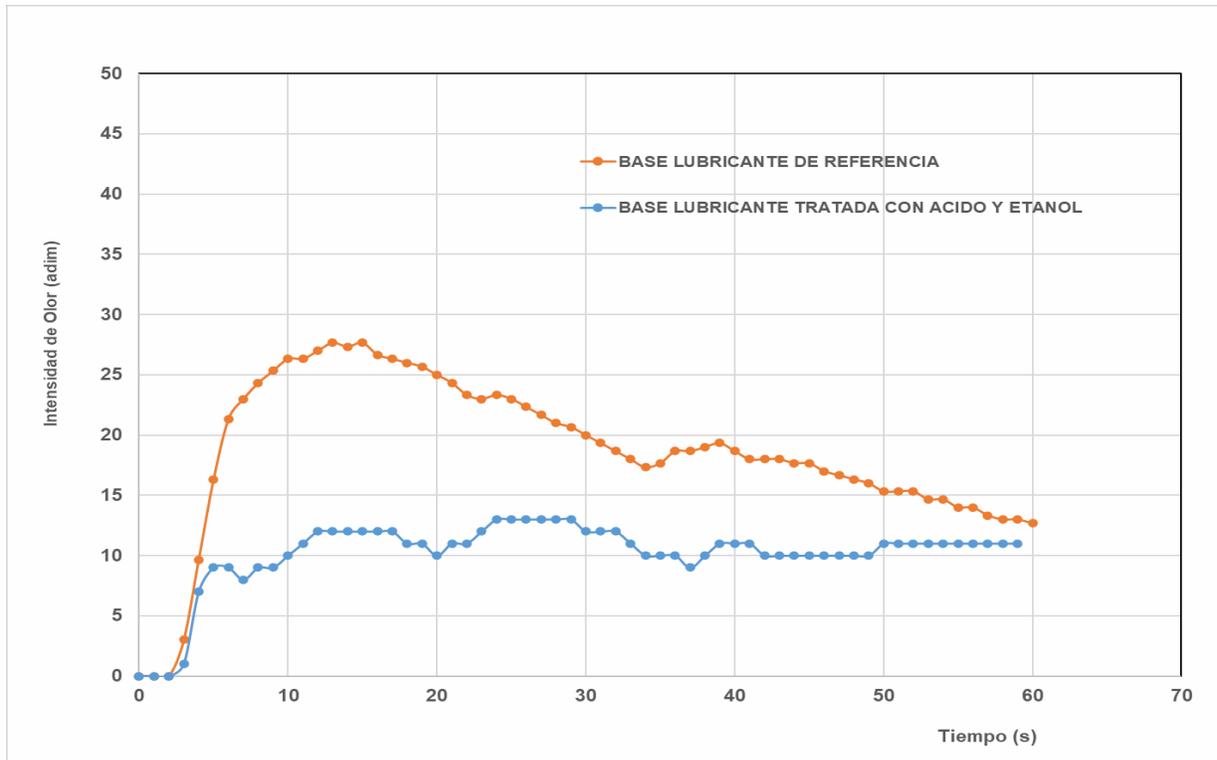


Fig. 7 Intensidad del olor para tratamiento con ácido sulfúrico y extracción con etanol

Se recomienda entonces evaluar a nivel del mercado, la aceptabilidad de una base con estas las características de calidad, así como realizar una estimación de la inversión y costos operativos, en caso de ser viable usar esta base en la preparación de productos lubricantes terminados.

*D. Evaluación mediante el uso de ácido sulfúrico y extracción con etanol*

Una tercera mejora propuesta contemplo realizar un tratamiento químico con ácido sulfúrico al 1% p/p a la base inicial, seguido de una centrifugación, y posteriormente una extracción con etanol con una relación solvente/base 1:1 (v/v).

Este tratamiento alterno implica un cambio total del sistema actual de acabado, pues ya no se realiza el filtrado con arcillas, lo que sería una mejora, pues se elimina el problema del manejo de desechos sólidos asociado con las arcillas ya saturadas, pero implicara una inversión nueva en un sistema de recuperación de solventes y equipos de extracción líquido-líquido.

La tabla II presenta los principales parámetros medidos en la base lubricante obtenida mediante este último tratamiento, y los obtenidos para la base comercial de referencia utilizada.

Estos resultados muestran una mejora importante en la calidad de la base obtenida, pues se logra un incremento en el punto de inflamación, así como en la viscosidad de la base lubricante, parámetros importantes para caracterizar la calidad del producto. Con relación al color, se obtiene un color uniforme al final del proceso, con una intensidad de 1.5.

TABLA II  
PARAMETOS DE CALIDAD DETERMINADOS PARA LA BASE LUBRICANTE FINAL MEJORADA Y LA COMERCIAL DE REFERENCIA

Parámetro	Base Lubricante Inicial	Base Lubricante de Referencia
Viscosidad 40 °C (Cp)	47.9	40.3
Viscosidad 100 °C (Cp)	7.8	6.25
Densidad (g/ml)	0.88	0.86
Punto Inflamación (°C)	208	198
Color(ASTM D1500)	1.5	2.0

Respecto a la intensidad del olor, la Fig. 7 presenta los perfiles medidos para este tratamiento, y se observa que,

mediante este tratamiento, igualmente se logra una mejora del, mejora del olor, siendo comparable a la de la base referencial.

Finalmente, mediante esta mejora se obtiene una base lubricante de mejor calidad a de la base de referencia, considerando los parámetros de calidad medidos, color final e intensidad de olor.

#### CONCLUSIONES

Se evaluaron tres alternativas de tratamiento de mejoras del proceso de acabado de una base lubricante obtenida en un proceso industrial por destilación al vacío que presenta malas características de calidad asociadas al color y olor.

De los tratamientos utilizados, se logra una mejora importante al cambiar el medio filtrante adsorbente por uno a base a sílica gel, previo un tratamiento con ácido sulfúrico, pero en este caso aun la base final presenta una intensidad de olor superior a una base referencial comercial. Respecto al color, luego del tratamiento ácido y centrifugación de la base lubricante, se logra una apreciable mejora en la intensidad de color, se logra una reducción del color inicial de 5.5 hasta un valor de 2.5-3.0. Con relación a la intensidad del olor, igualmente se logra una disminución de la intensidad, hasta un valor de 40 aproximadamente, y con respecto a la base referencial, resulta 2.5 veces más intenso.

Finalmente, el tratamiento que permite obtener una base lubricante con mejor calidad a la base referencial se basa en un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado 98%, en una proporción de 1% p/p respecto a la base inicial, seguido de una centrifugación, y posterior extracción con etanol con una relación solvente/base 1:1 (v/v), pero su implantación implicaría un cambio del proceso de acabado actual, con la respectiva inversión económica que esto requiere.

#### REFERENCES

- [1] K. Boadu, O. Joel, D. Essumang, and B. Evbuomwan, "A Review of Methods for Removal of Contaminants in Used Lubricating Oil," *Chem. Sci. Int. J.*, pp. 1–11, Apr. 2019, DOI: 10.9734/CSJI/2019v26i430101.
- [2] J. Santos, "Recovery of Used Lubricating Oils-A Brief Review," *Prog. Petrochemical Sci.*, vol. 1, DOI: 10.31031/PPS.2018.01.000516.
- [3] A. Kupareva, P. Arvela, D. Murzin, "Technology for rerefining used lube oils applied in Europe: a review", *J Chem Technol Biotechnol* 2013; 88, DOI 10.1002/jctb.4137
- [4] F. Dalla Giovanna, O. Khlebinskaia, A. Lodolo, S. Miertus, " Compendium of Used Oil Regeneration Technologies", International center for science and high technology. Treste, 2003.
- [5] J. Speight, D. I. Exall, "Refining Used Lubricating Oils", CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014.
- [6] T. H. Jerome Nichols, "ARR-PATENT-2018-PROCESS.pdf," US 9,957,445 B2, 2018.