



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE NANOFILTRACIÓN DE ACEITE LUBRICANTE APLICADO A MAQUINARIA PESADA, MEDIANTE ANÁLISIS Y PRUEBAS DE LABORATORIO SEGÚN NORMA ISO 4406

MGAA. Eliel Eduardo Montijo-Valenzuela^{1,2}, MIE. Leonor García-Gómez¹, M.C. Francisco Alán Espinoza-Zallas², M.A. Eugenio Borboa-Acosta^{1,2}, Ing. Ofelia Monteverde-Gutiérrez
elielmontijo@gmail.com*; leonorgg2@gmail.com; alanez@outlook.com;
eborboa6@hotmail.com; ofemonteverde12@gmail.com

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo

² Universidad Estatal de Sonora

*Autor corresponsal

Resumen

En esta investigación se evalúa el rendimiento de la nanofiltración para el alargamiento de la vida de los lubricantes en maquinaria pesada, mediante el análisis y pruebas de laboratorio, bajo el criterio de la normalización ISO 4406. La investigación se compone de un fundamento teórico sobre la nanotecnología, las nanofibras de filtrado, lubricantes, aditivos, oxidación de los lubricantes y la norma de limpieza en aceites lubricantes; la ISO 4406:1999. En el segundo apartado se describen los materiales y métodos utilizados en la investigación, desde la metodología de implementación de la tecnología de nanofiltración en sistemas hidráulicos, hasta la propuesta de un procedimiento estandarizado para la toma de muestras en campo, para finalizar con las



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

pruebas de laboratorio de dichas pruebas. Para esta investigación se utilizaron dos máquinas distintas con la implementación de tecnología de nanofiltración; un generador diésel Cat® C4.4 y un motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™, y para cada una se tomaron 3 muestras diferentes en intervalos de tiempo prolongados, en cuanto a las horas de operación de la máquina. En el tercer apartado se muestran los resultados de las pruebas obtenidas en campo, mediante resultados de laboratorio, con la finalidad de verificar las concentraciones de material particulado y agentes contaminantes como hollín, agua y combustible, y en qué medida son aceptables bajo la norma ISO 4406:1999. Para finalizar, se exponen los hallazgos y conclusiones de esta investigación, en donde se destaca que no se apreció envejecimiento prematuro en los aceites analizados a través de su tiempo de uso, cuando este es procesado por un sistema de nanofiltración y se observó una disminución del material particulado a través del tiempo de nanofiltración, principalmente en partículas de $>4 \mu\text{m}$ y $>6 \mu\text{m}$, mejorando las condiciones de lubricación en el aceite.

Palabras clave: nanofiltración, ISO 4406:1999, aceite lubricante, material particulado.

Abstract

This research evaluates the performance of nanofiltration for the lengthening of the life of lubricants in heavy machinery, through laboratory analysis and tests, under the criteria of ISO 4406 standardization. The research is composed of a theoretical basis on the nanotechnology, filter nanofibers, lubricants, additives, oxidation of lubricants and the standard of cleaning in lubricating oils; ISO 4406: 1999. The second section describes the



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

materials and methods used in the research, from the methodology of implementation of nanofiltration technology in hydraulic systems, to the proposal of a standardized procedure for sampling in the field, to end the testing of laboratory of said tests. For this investigation two different machines were used with the implementation of nanofiltration technology; a Cat® C4.4 diesel generator and a Cat® C13 ACERT™ industrial diesel engine, and for each one 3 different samples were taken at extended time intervals, in terms of machine operating hours. The third section shows the results of the tests obtained in the field, through laboratory results, in order to verify the concentrations of particulate material and pollutants such as soot, water and fuel, and to what extent they are acceptable under the ISO standard 4406: 1999. Finally, the findings and conclusions of this research are presented, where it is highlighted that premature aging was not appreciated in the oils analyzed through their time of use, when this is processed by a nanofiltration system and a decrease in the particulate material through nanofiltration time, mainly in particles of $> 4 \mu\text{m}$ and $> 6 \mu\text{m}$, improving the lubrication conditions in the oil.

Keywords: nanofiltration, ISO 4406: 1999, lubricating oil, particulate material.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Introducción

La nanotecnología tiene diversas aplicaciones en la industria, por ello se están desarrollando sistemas innovadores que generan grandes ahorros en tiempo y economía para hacer los procesos más viables. Una de estas aplicaciones son las nanofibras de filtrado que tienen como función filtrar y/o atrapar contaminantes según sea su utilización; agua, lubricantes, desechos líquidos, etc. Cabe destacar que esta tecnología no solo facilita el proceso de filtración o de absorción de contaminantes, sino que contribuye en gran medida a disminuir el impacto ecológico causado por el uso del petróleo y sus derivados, ya que, con su implementación, se puede reutilizar el aceite lubricante de cualquier maquinaria, alargando su vida útil. Existen muchas actividades que generan un uso excesivo en el consumo de este recurso natural no renovable. La maquinaria utilizada en minería es un ejemplo de ello, ya que utilizan grandes cantidades de aceites lubricantes y diésel, y sumado a esto, el tipo de filtros que manejan generan un reemplazo constante de dichos componentes, propiciando mayor cantidad de residuos sólidos de tratamiento especial.

La urgencia de la implementación de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, radica en el hecho de que el petróleo, al ser un recurso no renovables, y debido a la creciente demanda de combustibles fósiles como principal fuente motriz de energía, ha originado un consumo ascendente de petróleo y sus derivados, llevándolo a un punto crítico de escases y en un futuro su extinción, además, su uso inmoderado, genera uno de los principales problemas con los que nos enfrentamos hoy en día; la



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

contaminación y el calentamiento global.

Los avances en dispositivos de micro y nanotecnología pertenecen a la industria más creciente y prometedora en el mundo ante la solución de problemas, y actualmente se están innovando toda clase de aplicaciones, las cuales deberán ser explicadas y demostradas para su aprovechamiento, traducido en reducción de costos y eficiencia de sus procesos. Es por ello que la industria necesita que se demuestre la eficiencia de estos productos antes de implementarlos, por ello es necesario desarrollar un método confiable de análisis y seguimiento, es por esto que se pretende estudiar dispositivos de filtración nanotecnológica, como posibles soluciones a las problemáticas antes mencionadas, debido a que estas membranas de filtración prolongan la vida de los aceites lubricantes y reduce el consumo de combustibles, además elimina partículas contaminantes en los combustibles y aceites que dañan la composición interna de la maquinaria, y una vez quemado el combustible libera estas partículas al medio ambiente.

El objetivo de esta investigación es evaluar el rendimiento de la nanofiltración para el alargamiento de la vida de los lubricantes en maquinaria pesada, mediante el análisis y pruebas de laboratorio, bajo el criterio de la normalización ISO 4406.

La investigación se compone de un fundamento teórico sobre la nanotecnología, las nanofibras de filtrado, lubricantes, aditivos, oxidación de los lubricantes y la norma de limpieza en aceites lubricantes; ISO 4406:1999. En el segundo apartado se describen los materiales y métodos utilizados en la investigación, desde la metodología de implementación de la tecnología de nanofiltración en sistemas hidráulicos, hasta la propuesta de un procedimiento estandarizado para la toma de muestras en campo, para finalizar con las pruebas de laboratorio de dichas pruebas. En el tercer apartado se



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

muestran los resultados de las pruebas obtenidas en campo, mediante resultados de laboratorio, con la finalidad de verificar las concentraciones de material particulado y agentes contaminantes como hollín, agua y combustible, y en qué medida son aceptables bajo la norma ISO 4406:1999. Para finalizar, se exponen los hallazgos y conclusiones de esta investigación.

Fundamento teórico

Nanotecnología y nanofibras de filtrado

El concepto de nanotecnología, indica la capacidad de trabajar en una escala muy pequeña, de entre 1 y 100 nm, mediante la comprensión, creación, caracterización y uso de estructuras materiales, con propiedades eléctricas, catalíticas, ópticas y reactivas muy diferentes a las macropartículas (Gil, 2010). La nanotecnología tiene la habilidad de manipular átomo a átomo en cualquier estructura (Takeuchi, 2012), para poder dar forma a sistemas complejos, que van desde robots o mecanismos a esta escala. Para comprender el área de estudio de la nanotecnología, se muestra su escala de operación en la figura 1.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

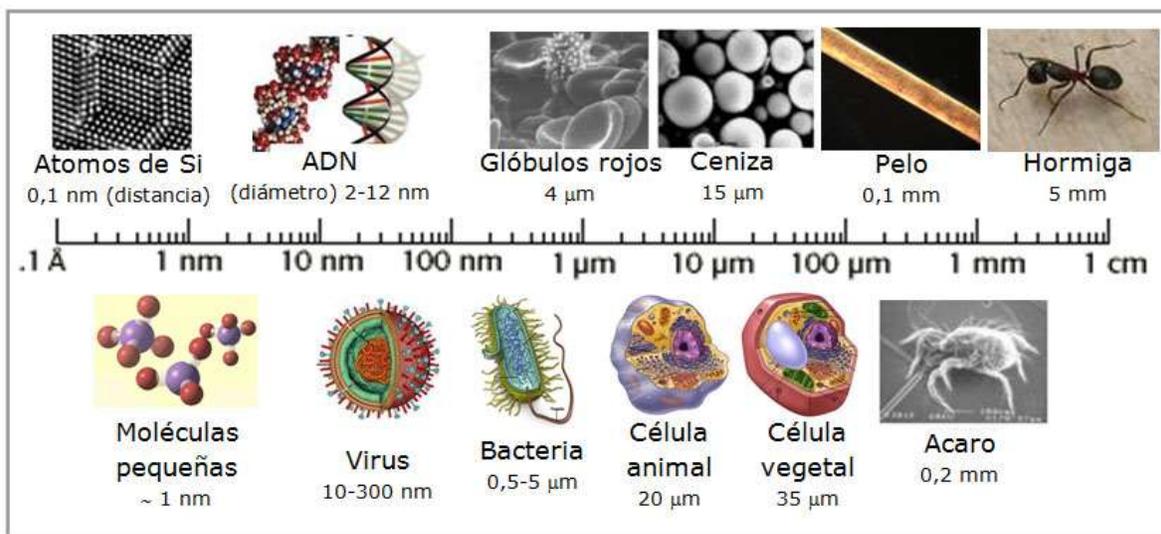


Figura 1. Escala de operación de la nanotecnología. Fuente: (Castro, 2013).

Los nanomateriales, pueden ser un material natural o fabricado que contenga partículas, sueltas o formando un agregado o aglomerado y que presente una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 y 100 nm (Camacho y Zapata, 2017). Los nanomateriales manufacturados se pueden clasificar en cinco grupos: de carbono, de óxido de metal, de metal de valencia cero, puntos cuánticos y dendrímeros (Service, 2008). Para la nano filtración de aceites es común utilizar las nanofibras, que estructuralmente son similares a los nanotubos (cilindros huecos alargados), sin embargo estas no son huecas (Méndez, 2017), y pertenecen a la clasificación de los dendrímeros; polímeros altamente ramificados esféricos con arquitectura de núcleo-corteza multi-funcionales cuyo tamaño, topología, flexibilidad, y peso molecular puede ser controlado. La forma y reactividad están determinados por su generación, la composición química del centro e interior de las ramas y



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

las funcionalidades de la superficie. Llevan moléculas encapsuladas en los espacios vacíos de su interior o unidas a su superficie (Helms y Meijer, 2006; Klajnert et al., 2006), y pueden estar fabricados de poliamidoamina (PAMAM), polipropileno imina (PPI), poliéster, polilisina, poli (2,2-bis (hidroximetil)-ácidopropiónico, de polipropilenoetherimina, de péptidos, de carbohidratos, de triazina, de melanina, de fósforo y de tecto (Bailon-Moscoso y Romero-Benavides, 2016). En la figura 2 se muestra la vista de un material nanofibroso.

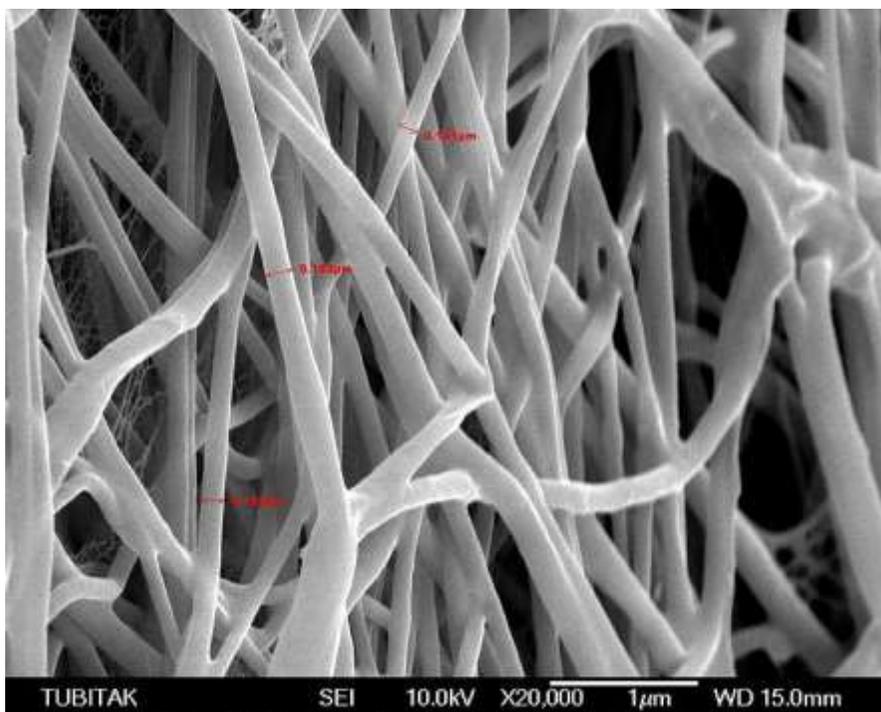


Figura 2. Material nanofibroso visto en microscopio. Fuente: (Pérez, 2013).

La nanofiltración es un proceso de operación por medio de membranas o nanofibras, en donde un fluido es conducido a presión por un medio filtrante, obteniendo la retención de solutos de bajo peso molecular (Varó Galvañ y Segura Beneyto, 2009). La nanofiltración es



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

una técnica usada principalmente para la separación de dos valorados iones, y los grandes mono valorados iones como los metales pesados (Lenntech, 2019). Este es un procedimiento de filtración de membrana reciente, que generalmente se utiliza en sistemas de purificación de agua, eliminando subproductos orgánicos principalmente (Yagnaseni, Warsinger y Lienhard, 2017).

Lubricantes

La viscosidad es la fuerza de oposición de un fluido (ya sea gas o líquido), a que fluya por un medio, por ejemplo, un tubo, y depende de la naturaleza de las sustancias y su temperatura, y es independiente de su densidad y otras propiedades de los fluidos (de Llano, 1994), por ejemplo, un aceite con alta viscosidad es muy espeso y fluye muy lentamente, a diferencia del agua, que fluye de forma más rápida, independientemente del medio por el cual es conducida. Un valor anormal en la viscosidad es un excelente indicador de un problema, aunque la localización de la causa puede ser complicado. Esto permite el cálculo y reporte de un índice de viscosidad (VI), que es una indicación de cómo la viscosidad del aceite varía con la temperatura. Este examen generalmente se llama para cuando se requiere la máquina para operar en un amplio rango de temperaturas.

Los lubricantes son sustancias que crean una película entre dos superficies con movimientos relativos, ayudando a reducir la fricción entre ellas, para facilitar el movimiento y evitar el desgaste entre ambas superficies, generalmente ocasionado por fricción, que no es más que la fuerza de rozamiento entre dos superficies en contacto, evitando rotura o desprendimiento de material de los elementos (Rivas, 2017). Los aceites se clasifican en dos tipos: minerales y sintéticos (Sanz, 2019). Los lubricantes minerales o de petróleo son primariamente hidrocarburos que contienen miles de tipos de estructuras variables. Tienen diferentes pesos



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

moleculares y volatilidad, como así también en menor medida, pero importantes, cantidades de hidrocarburos derivados que tienen uno o más elementos, tales como nitrógeno, oxígeno y azufre (Muscle Products Corporation, 1993). Los lubricantes sintéticos, son productos elaborados o sintetizados por reacción química para producir un fluido de alto peso y estructuras moleculares, de características determinadas. Los fluidos base utilizados para su formulación, son elaborados de compuestos químicos específicos, muchos de los cuales son sintetizados del petróleo o del carbón (Brettis, 2019).

Aditivos

Actualmente los lubricantes contienen aditivos; que son aquellas sustancias que añadidas al lubricante en pequeñas proporciones contribuyen a mejorar sus propiedades o características básicas (Tormos, 2012). Estos aditivos mejoran sus propiedades, por ejemplo, la estabilidad frente a la oxidación, la protección contra la corrosión y gripado, o el comportamiento temperatura-viscosidad, además optimizan las propiedades del sistema como el rozamiento y el desgaste en la dirección deseada, por mencionar algunos (Dietsche y Klingebiel, 2005). En la tabla 1 se muestran los principales aditivos utilizados a nivel industrial y su función en los lubricantes.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Aditivo	Función en el lubricante
Antioxidantes	Retrasan el envejecimiento prematuro del lubricante.
Antidesgaste	Forman una fina película en las paredes a lubricar. Se emplean mucho en lubricación de cajas de cambio y diferenciales.
Antiespumantes	Evitan la oxigenación del lubricante y así impiden la formación de burbujas que llevarían aire al circuito de lubricación.
Antiherrumbre	Evita la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la condensación de vapor de agua.
Detergentes	Son los encargados de arrancar los depósitos de suciedad fruto de la combustión
Dispersantes	Transportan la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.
Espesantes	Compuestos de polímeros que por acción de la temperatura aumentan de tamaño acrecentando la viscosidad del lubricante.
Diluyentes	Se trata de un aditivo que reduce los microcristales de cera para que fluya el lubricante a bajas temperaturas

Tabla 1. Principales aditivos utilizados a nivel industrial en sistemas de lubricación.

Fuente: (Cronaser, 2019).

Oxidación en lubricantes

La oxidación es la reacción más predominante en un lubricante en servicio. Es la responsable de una gran cantidad de problemas en el lubricante – incluyendo incremento de la viscosidad, formación de barniz, lodos y sedimentos, agotamiento de aditivos, degradación de la base



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

lubricante, taponamiento de filtros, pérdida para el control de la espuma, incremento en el número ácido (AN), formación de herrumbre y corrosión (Trujillo, 2014). La oxidación en los lubricantes es una compleja reacción en cadena que comprende tres etapas principales (ver figura 3): iniciación, propagación y terminación (Trujillo, 2014; Fitch, 2017). En la etapa de iniciación se forman radicales libres mediante la combinación química de los componentes más catalizadores, creando la formación de nuevos productos o agentes, posteriormente en la propagación es la reacción en cadena de la formación de más radicales libres y compuestos oxigenados, por último esta la etapa de terminación, que involucra la finalización del proceso de oxidación, que puede ser positiva o negativa; si es negativa, los antioxidantes se han agotado y el proceso de oxidación continuará, si es positiva, los antioxidantes posiblemente han detenido el progreso de la oxidación (Fitch, 2017).

Norma de limpieza ISO 4406:1999

La Organización Internacional de Normalización (ISO) creó la norma de limpieza 4406:1999 para cuantificar los niveles de contaminación de partículas por mililitro de fluido en tres tamaños: 4 μ m (micrómetros), 6 μ m y 14 μ m, así mismo, según esta norma ISO se expresa en grupos de 3 números: 19/17/14, en donde cada número representa un nivel de contaminantes de partícula para el tamaño correspondiente (Widman International SRL, 2018).

El código incluye todas las partículas del tamaño especificado y mayor. Es importante tener en cuenta que, con cada aumento del número de código, el rango de cantidad de partículas se duplica



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

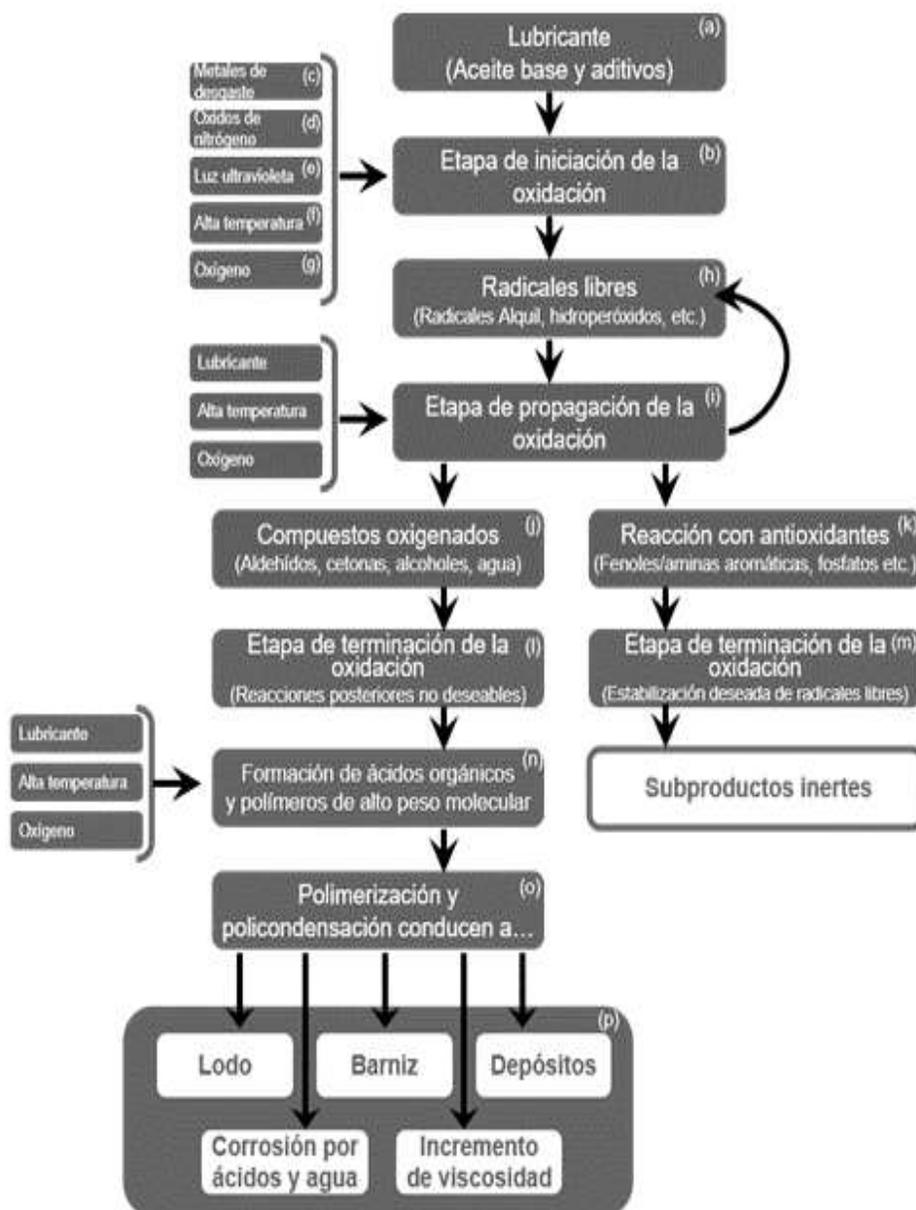


Figura 3. Etapas de oxidación del lubricante. Fuente: (Swissoil, 2018).



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Materiales y métodos

La tecnología manométrica utilizada para efectos de esta investigación, es el sistema de filtro de derivación Kleenoil®, es un sistema de filtración de aceite de derivación que solo pasa una pequeña parte del flujo total de aceite a través de un cartucho de filtro muy denso a aproximadamente 2 a 3 cuartos por minuto. A esta velocidad, es posible eliminar partículas de hasta 1000 nm (3000 nm absolutos) y eliminar el 99,95% de toda el agua, lo que disminuye considerablemente el desgaste del motor y prolonga la vida útil del aceite (Kleenoil®, 2019). Las maquinarias a las que se aplicó el estudio fueron un generador diésel Cat® C4.4 con las siguientes características: tiene una clasificación trifásica de 50 Hertz a 38.0, 51.5 y 69.0 ekW (kilowatt eléctrico) con enfriamiento del intercambiador de calor y a 36.0, 49.0 y 65.0 ekW con enfriamiento por radiador. El C4.4 también tiene una clasificación trifásica de 60 Hertz a 44.0, 58.5, 76.0 y 99.0 ekW con enfriamiento del intercambiador de calor y de 42.0, 56.0, 72.0 y 95.0 ekW con enfriamiento del radiador y tiene un depósito de almacenamiento de aceite de 16 litros (l) (Cat®, 2019). También se realizó el estudio a un motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™ con las siguientes características: su potencia tiene un rango de 287.0 a 388 bkW (brake kilowatts), con una velocidad nominal de 1800-2100 rpm y relación de 17,0:1, capacidad del sistema de enfriamiento 18.7 l y sistema de lubricación de 34 l (Cat®, 2019).

La instalación del dispositivo de filtración en cada una de las máquinas, se realizó con base a las especificaciones del manual técnico de filtración (Kleenoil Panolin®, 2010), ver figura 4. El montaje del sistema es muy sencillo y se muestra paso a paso en la figura 5. A continuación se describen cada uno de los pasos para instalación de la tecnología de nanofiltración.

Paso 1. Localizar una estructura resistente cerca del depósito hidráulico para el montaje del dispositivo. Una vez localizada, realizar marcas de perforaciones con taladro.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Paso 2. Verificar si los orificios están orientados correctamente con la mordaza de sujeción del porta filtros. Asegurarse en todo momento de no dañar cables o tuberías.

Paso 3. Unir la mordaza de sujeción y la estructura con tornillos.

Paso 4. Colocar el porta filtros en la mordaza de sujeción y ajustarlo.

Paso 5. Realizar una derivación del sistema hidráulico con el uso de una broca. La derivación es de 1/8 de pulgada, a la que se ensambla una boquilla.

Paso 6. Buscar un punto de derivación en el sistema hidráulico, para la conexión de la tecnología de filtrado.

Paso 7. En el punto de derivación, conectar una conexión en "T" de 1/8 de pulgada.

Paso 8. Conectar la tecnología de filtración con el sistema hidráulico, mediante la conexión de derivación del paso 7.

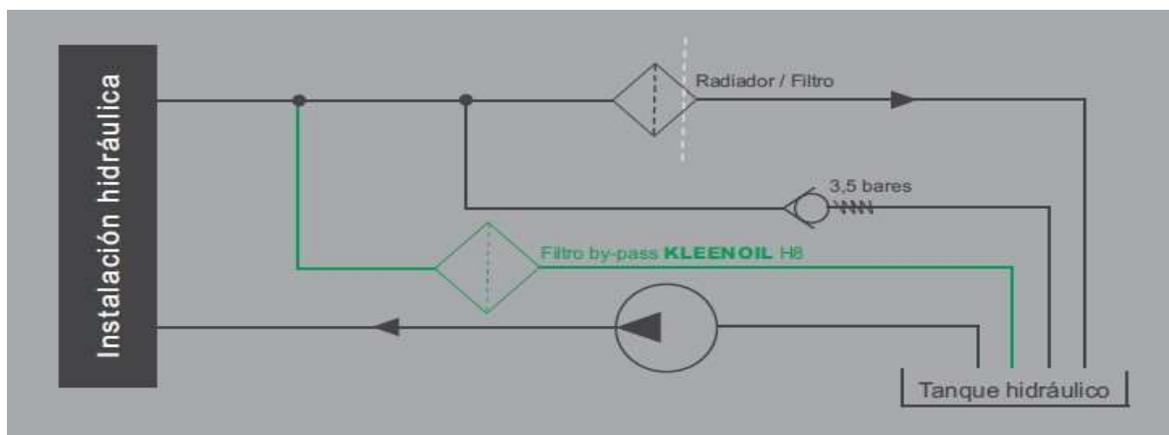


Figura 4. Esquema de conexión de filtro. Fuente: (Kleenoil Panolin®, 2010).



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.



Figura 5. Instalación del sistema de nanofiltración.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Para la toma de muestras en aceite, se tomó la metodología utilizada por (Cash, 2013), donde se establece que, para evaluar correctamente las condiciones de la máquina, son necesaria las muestras de aceite para su análisis, las cuales deberán ser representativas del sistema desde el que se van a tomar. Para obtener los mejores resultados, se deben de seguir los siguientes pasos:

a) Materiales a utilizar:

- Guantes.
- Lentes de seguridad.
- Cubreboca
- Recipiente esterilizado con tapa.
- Mangueras para extracción de aceite (15 cm longitud por 4 mm de diámetro).
- Etiquetas
- Marcador
- Bata de algodón
- Adaptador para succión de aceite
- Llaves de presión

b) Seguridad:

- Usar siempre el equipo de seguridad indicado.
- Verificar la presión del aceite circulante en Kleenoil® antes de iniciar la prueba



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

- Si no está capacitado para la realización de la toma de la muestra de aceite evite realizarla.
- Prohibido en todo momento el uso de fuego durante la obtención de la muestra.

c) Riesgos:

- Salpicaduras de aceite caliente a partes sensibles del cuerpo (piel, ojos, cara, etc.), lo que podrían ocasionar quemaduras graves e incluso ceguera.
- La inhalación prolongada de vapores de aceites hidráulicos puede generar congestión en los pulmones, intoxicación o dificultad para respirar.
- La ingestión accidental de aceite puede generar mareos, vómitos, náuseas o intoxicación.
- El aceite en contacto con la piel u ojos puede ocasionar enrojecimiento, picazón o hinchazón.

d) Indicaciones:

- La máquina de donde se extraerá la muestra debe estar a temperatura normal de funcionamiento. El aceite debe ser distribuido, por el sistema. Esto asegurará que los contaminantes insolubles y semi-solubles se dispersen uniformemente en todo el sistema. Las muestras tomadas de las máquinas que han estado inactivas durante largos períodos de tiempo no son representativas.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

- Cada muestra de aceite se debe tomar siempre de la misma manera y desde el mismo punto de muestreo.
- No realizar pruebas a una máquina inmediatamente después de un cambio de aceite o después de haber añadido al aceite una gran cantidad de aditivos.
- Utilice siempre un recipiente limpio y seco para extraer la muestra de aceite. Transportar las muestras en botellas de plástico previamente esterilizadas.
- Etiquetar siempre las botellas con los datos necesarios.

e) Procedimiento (ver figura 6):

1. Localice el recipiente de Kleenoil en la maquinaria.
2. Retire la válvula superior de Kleenoil dando vueltas en sentido contrario a las manecillas del reloj. Una vez retirada quedará expuesto un pivote.
3. Una vez retirada la válvula, quedará expuesto un pivote.
4. Coloque en el pivote el adaptador para succión conectado a la manguera y tenga a la mano el recipiente plástico esterilizado. Conforme vaya ajustando el adaptador, este abrirá el pivote.
5. Coloque el extremo de la manguera en el recipiente plástico y ajuste completamente el adaptador para que deje circular el aceite, que es bombeado directamente desde el cárter.
6. Una vez obtenida la muestra, desajuste el adaptador para evitar el flujo de aceite fuera del recipiente de Kleenoil®.
7. Inmediatamente cierre el recipiente para que el aceite no se contamine con polvo u otros agentes y que el análisis arroje resultados erróneos.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

8. Retire el adaptador y la manguera.
9. Coloque la protección al pivote.
10. Etiquete el recipiente y anote los datos necesarios.



Figura 6. Pasos a seguir para la obtención de la muestra de aceite.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

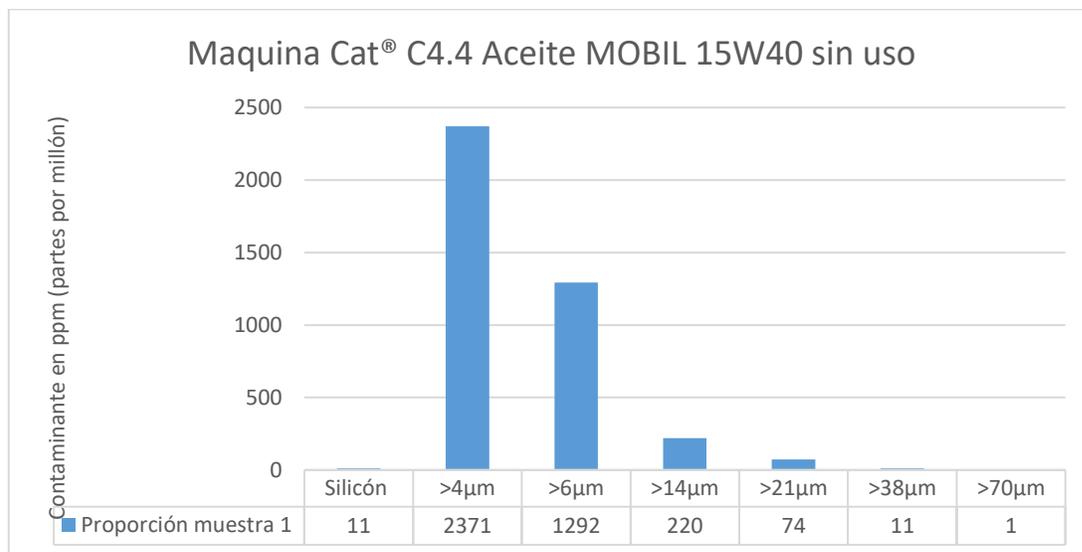
<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Las pruebas obtenidas son analizadas en laboratorio para determinar si cumplen con la normatividad de la ISO 4406.

Resultados

Los resultados de laboratorio para la maquina Cat® C4.4 se muestran en la figura 7, y se realizan a un aceite marca MOBIL 15W40. El análisis se realizó a 3 muestras. Muestra 1: aceite virgen (sin uso), muestra 2: aceite con 259 horas (h) de uso, y muestra 3: aceite con 518 h de uso. En la muestra 1 (ver figura 7 y gráfica 1), se observa que el mayor contaminante es por partículas mayores a los 4 μm (2371 ppm), seguido de partículas mayores a los 6 μm (1292 ppm). Las concentraciones menores de contaminantes son por partículas mayores a 70 μm (1 ppm), partículas de silicón y partículas mayores a los 38 μm (11 ppm). Según análisis de laboratorio, la muestra está en nivel aceptable según la ISO 4406 en 17/15.



Gráfica 1. Principales contaminantes de la muestra 1 de aceite lubricante sin uso.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)

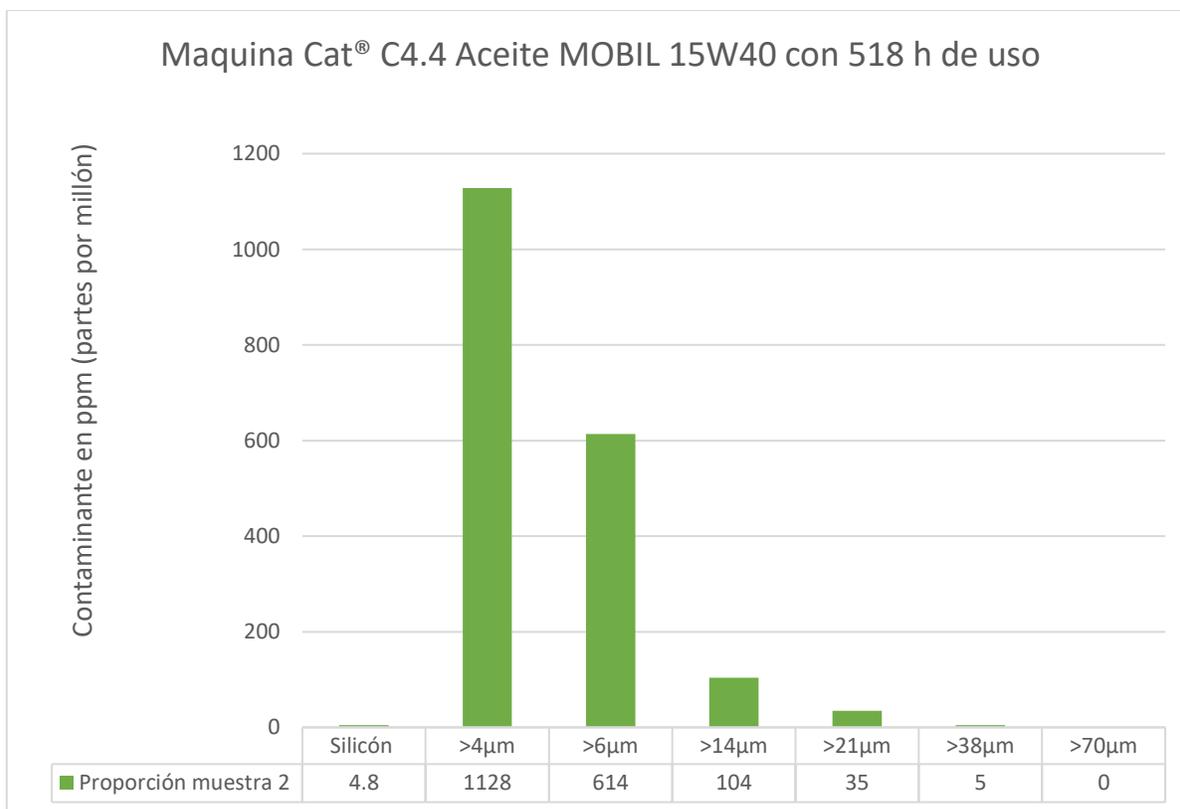


**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

En la muestra 2 (ver figura 7 y grafica 2), se observa que el mayor contaminante es por partículas mayores a los 4 μm (1128 ppm), seguido de partículas mayores a los 6 μm (614 ppm). Las concentraciones menores de contaminantes son por partículas mayores a 70 μm (0 ppm), partículas de silicón y partículas mayores a los 38 μm (5 ppm). Según análisis de laboratorio, la muestra está en nivel aceptable según la ISO 4406 en 16/14.



Gráfica 2. Principales contaminantes de la muestra 2 de aceite lubricante con 259 h de uso. En la muestra 3 (ver figura 7 y gráfica 3), se observa que el mayor contaminante es por partículas mayores a los 4 μm (1012 ppm), seguido de partículas mayores a los 6 μm (551 ppm). Las concentraciones menores de contaminantes son por partículas mayores a 70 μm (0 ppm), partículas de silicón y partículas mayores a los 38 μm (4 ppm). Según análisis de laboratorio, la muestra está en nivel aceptable según la ISO 4406 en 16/14.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

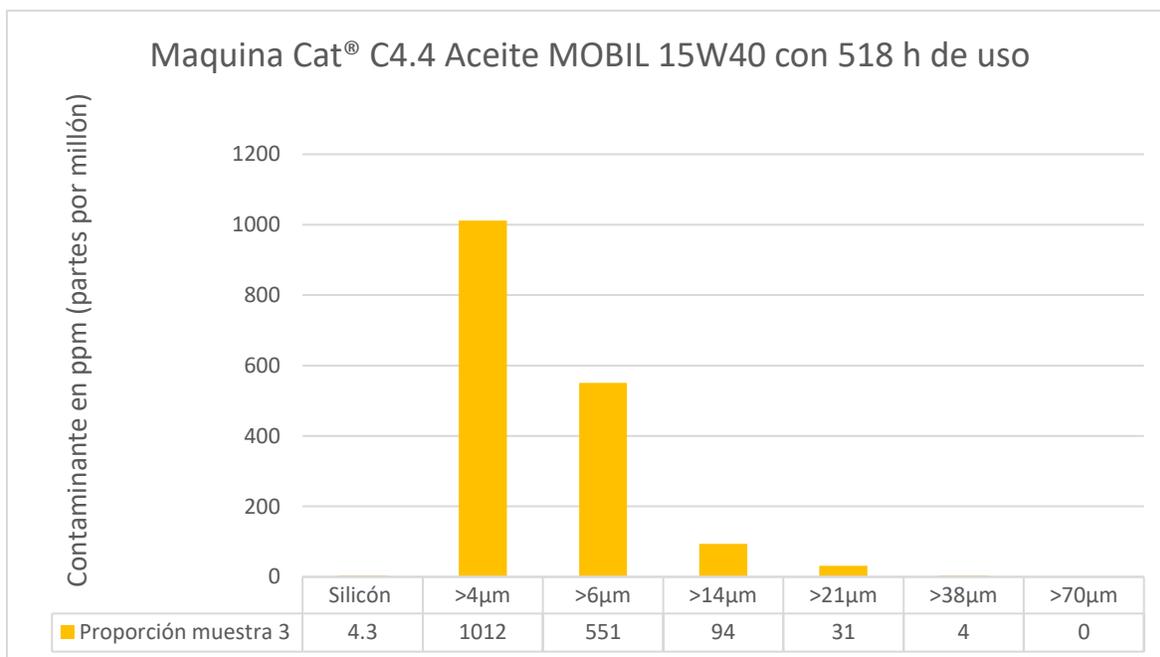
(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.



Gráfica 3. Principales contaminantes de la muestra 3 de aceite lubricante con 259 h de uso. Para el caso de las 3 muestras, se muestra en la gráfica 4, una disminución considerable para todos los contaminantes, conforme aumenta el proceso de nanofiltración.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

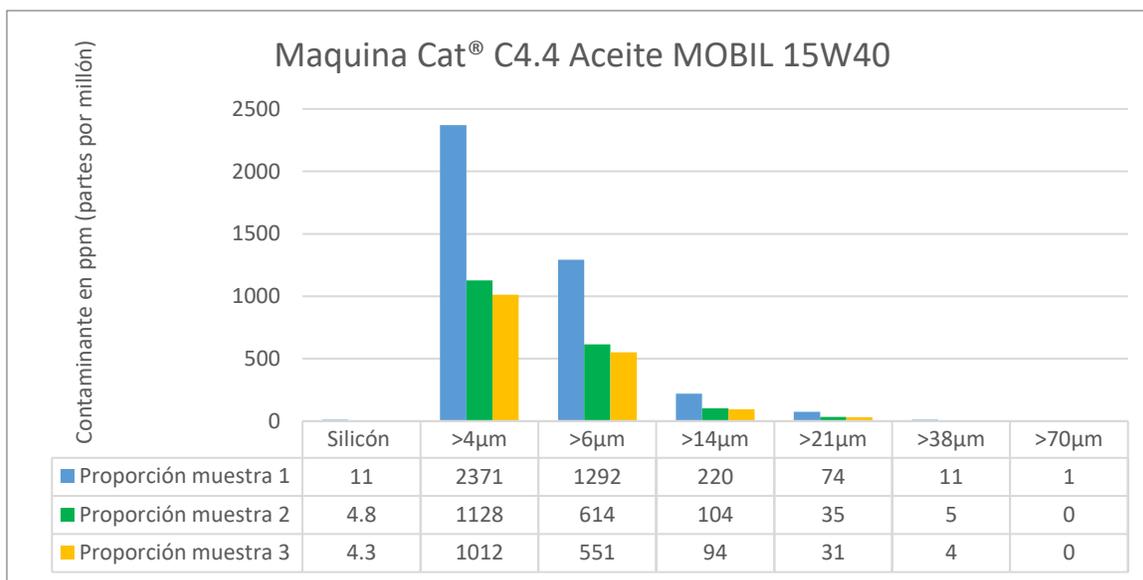
(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.



Gráfica 4. Concentrado de las proporciones de contaminantes en las 3 pruebas de máquina Cat® C4.4.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

		CONTAMINATION		NORMAL		
MOBILE OIL ANALYSIS REPORT		OIL CONDITION		NORMAL		
		WEAR		NORMAL		
TRC-01 GLUYAS CONSTRUCCIONES - Diesel Engine						
Unit Make : POWERSCREEN		Serial No : RRA01554		Date Rec'd : Sep 29, 2016		
Unit Model : CHIEFTAIN 2100X		Cust. Ref No. : (n/a)		Sample Date : Sep 22, 2016		
Comp Make : CATERPILLAR		Sub No. : KL-04075024		Diagnostician : Don Baldrige		
Comp Model : C13						
RECOMMENDATION						
Resample at the next service interval to monitor.						
		Sample Date	06/14/16	07/04/16	Current	UOM
Time on Unit			7222	7321	7585	hrs
Time on Oil			130	230	493	hrs
Time on Filtr			130	230	493	hrs
Oil Maint.			not chg	not chg	not chg	---
Filter Maint.			not chg	not chg	not chg	---
CONTAMINATION						
The amount and size of particulates present in the system is acceptable. There is no indication of any contamination in the component.						
		Sample Date	06/14/16	07/04/16	Current	Abn
Silicon			3.8	3.4	4.3	35
Fuel (%)			<2.0	<2.0	<2.0	5
Glycol			---	---	---	0.06
Water (%)			<0.1	<0.1	<0.1	0.2
Soot (%)			0	0	0	3
>4µm(c)			1615	564	1871	---
>6µm(c)			880	307	1019	---
>14µm(c)			149	52	173	---
>21µm(c)			50	17	58	---
>38µm(c)			7	2	9	---
>70µm(c)			0	0	0	---
ISO 4406(c)			17/14	15/13	17/15	---
OIL CONDITION						
Oil Type: 40 LTR of MOBIL 15W40						
The BN result indicates that there is suitable alkalinity remaining in the oil. The condition of the oil is suitable for further service.						
		Sample Date	06/14/16	07/04/16	Current	Base
Potassium			0.6	0.4	2.0	
Boron			47	30	47	
Barium			0.0	0.0	0.1	
Calcium			1273	1179	1111	
Magnesium			318	649	707	
Molybdenum			45	39	41	
Sodium			5.0	3.7	5.0	
Phosphorus			924	788	788	
Sulfur			2570	2484	1722	
Zinc			1016	845	872	
Visc 100°C (cSt)			13.8	13.7	15.38	
BN (mg/KOH/g)			8.80	8.80	9.27	
WEAR						
All component wear rates are normal.						
		Sample Date	06/14/16	07/04/16	Current	Abn
PQ			---	---	---	---
Iron			4.0	3.8	3.6	75
Nickel			0.1	0.0	0.0	5
Chromium			0.2	0.1	0.1	4
Titanium			0.0	0.0	0.0	---
Copper			0.7	0.8	0.6	240
Aluminum			1.2	1.1	1.5	54
Tin			1.1	0.0	0.1	5
Lead			0.0	0.0	0.2	20

Figura 7. Resultados de laboratorio para la maquina Cat® C4.4.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)

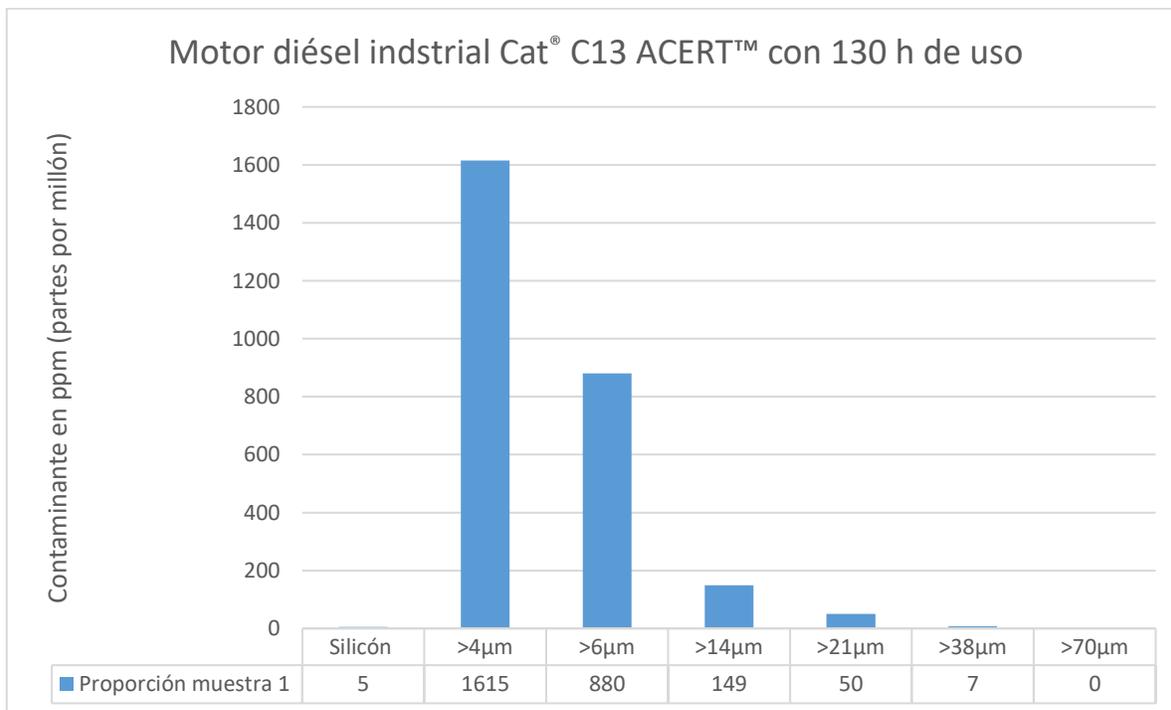


**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Los resultados de laboratorio para motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™ se muestran en la figura 8, y se realizan a un aceite marca MOBIL 15W40. El análisis se realizó a 3 muestras. Muestra 1: aceite con 130 h de uso, muestra 2: aceite con 230 horas (h) de uso, y muestra 3: aceite con 493 h de uso. En la muestra 1 (ver figura 8 y gráfica 5), se observa que el mayor contaminante es por partículas mayores a los 4 µm (1615 ppm), seguido de partículas mayores a los 6 µm (880 ppm). Las concentraciones menores de contaminantes son por partículas mayores a 70 µm (0 ppm), partículas de silicón (5 ppm) y partículas mayores a los 38 µm (7 ppm). Según análisis de laboratorio, la muestra está en nivel aceptable según la ISO 4406 en 17/14.



Gráfica 5. Principales contaminantes de la muestra 1 de aceite lubricante con 130 h de uso.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)

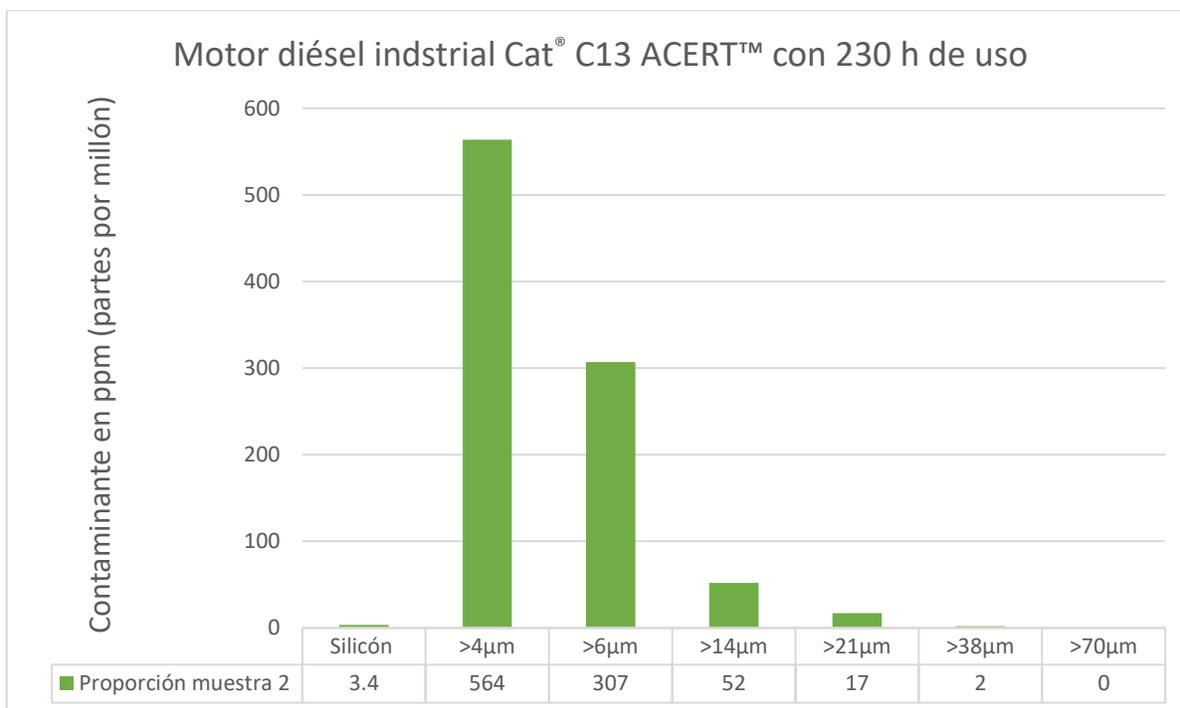


Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

En la muestra 2 (ver figura 8 y grafica 6), se observa que el mayor contaminante es por partículas mayores a los 4 μm (564 ppm), seguido de partículas mayores a los 6 μm (307 ppm). Las concentraciones menores de contaminantes son por partículas mayores a 70 μm (0 ppm), partículas de silicón (3 ppm) y partículas mayores a los 38 μm (2 ppm). Según análisis de laboratorio, la muestra está en nivel aceptable según la ISO 4406 en 15/13.



Gráfica 6. Principales contaminantes de la muestra 2 de aceite lubricante con 230 h de uso.

En la muestra 3 (ver figura 8 y gráfica 7), se observa que el mayor contaminante es por partículas mayores a los 4 μm (1871 ppm), seguido de partículas mayores a los 6 μm (1019 ppm). Las concentraciones menores de contaminantes son por partículas mayores a 70 μm (0 ppm), partículas de silicón (4 ppm) y partículas mayores a los 38 μm (4 ppm). Según análisis de laboratorio, la muestra está en nivel aceptable según la ISO 4406 en 17/15.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)

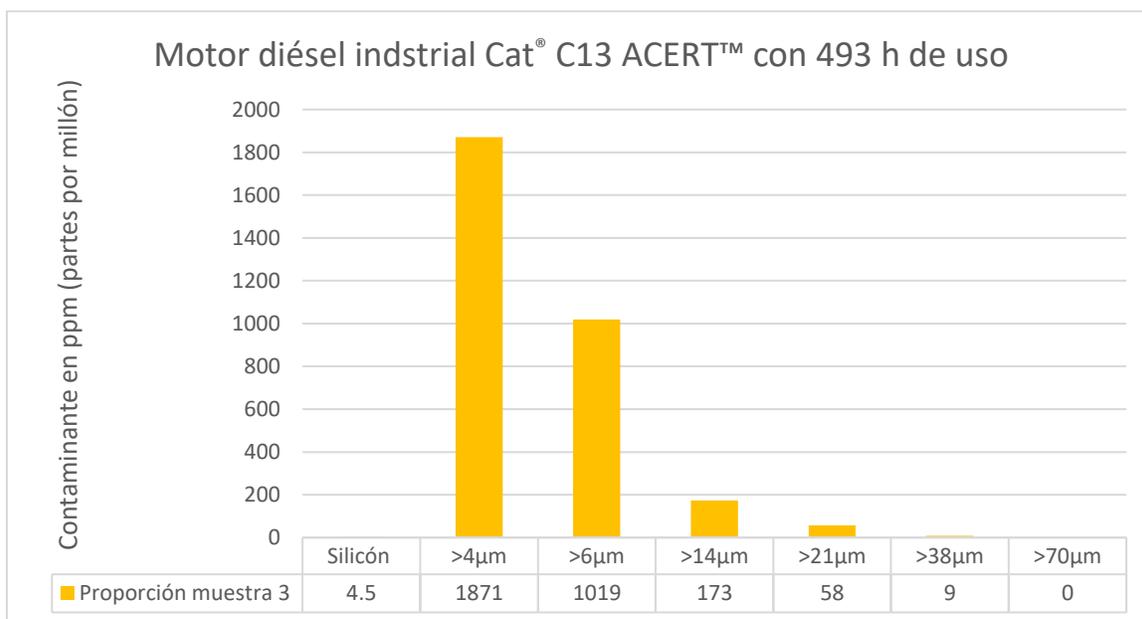


**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Para el caso de las 3 muestras de la maquina 2, se muestra en la gráfica 8, una disminución considerable para todos los contaminantes en la primera y segunda muestra, conforme aumenta el proceso de nanofiltración. Posteriormente, se tiene un pico de contaminantes en la muestra 3, derivado de una falta de reemplazo de filtro en maquinaria.



Gráfica 7. Principales contaminantes de la muestra 2 de aceite lubricante con 230 h de uso.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

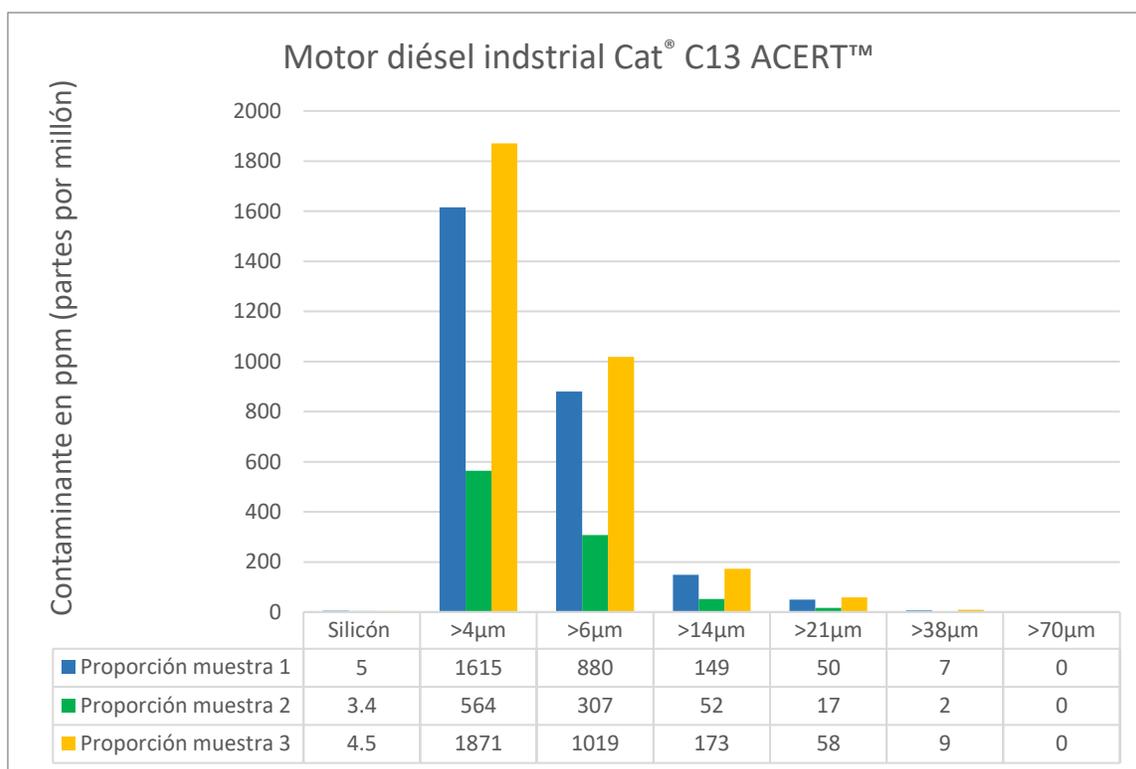
(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.



Gráfica 8. Concentrado de las proporciones de contaminantes en las 3 pruebas de motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

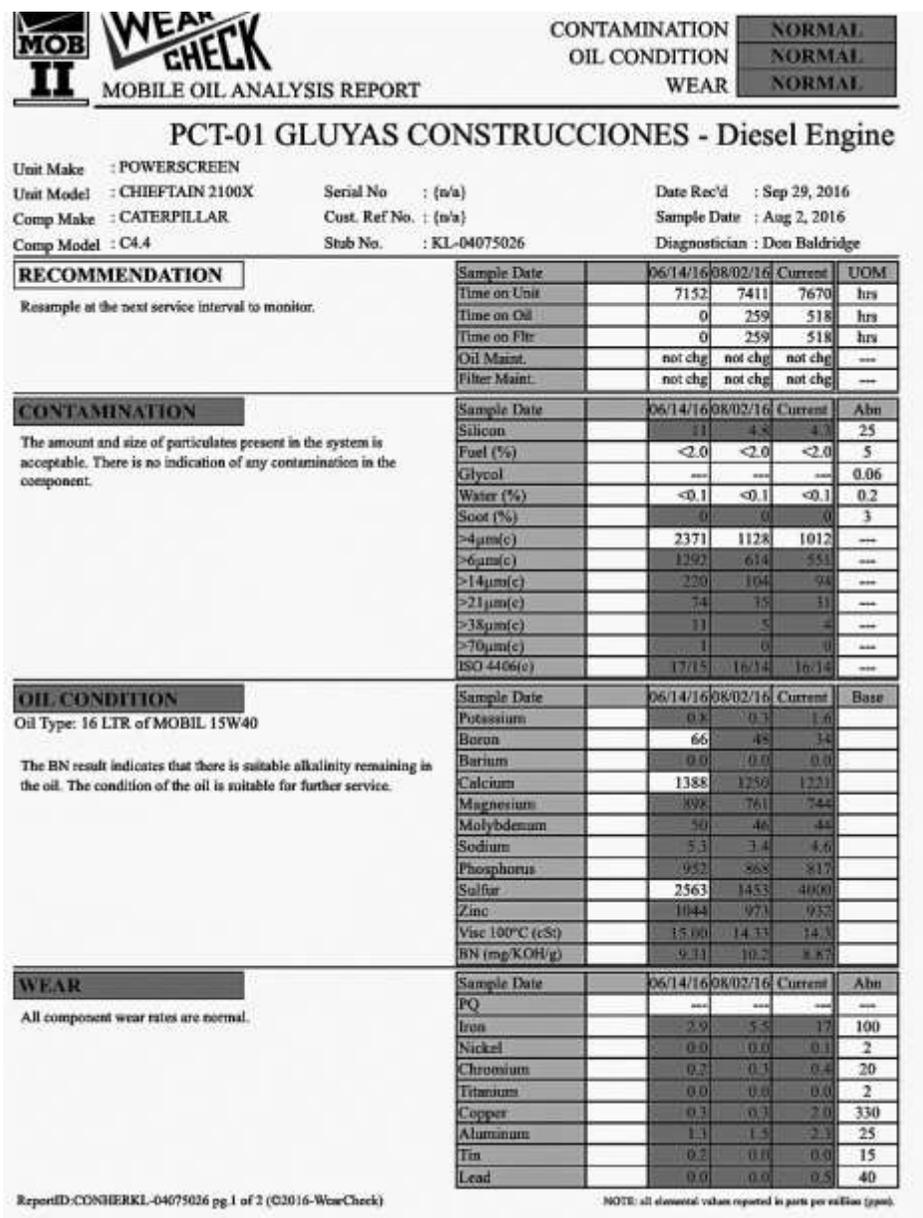


Figura 8. Resultados de laboratorio para motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Material contaminante	Maquina Cat® C4.4			Motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
% Combustible	<2	<2	<2	<2	<2	<2
% Agua	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
% Hollín	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Porcentajes de otros contaminantes para ambas máquinas.

Las concentraciones de combustible, agua y hollín, se mantuvieron constantes en las 3 pruebas realizadas a la maquina Cat® C4.4 y al motor diésel industrial Cat® C13 ACERT™ (ver tabla 2).

Conclusiones

En esta investigación se obtuvieron los resultados listados a continuación:

1. Evaluación del rendimiento de tecnología de nanofiltración para el reciclaje de aceite hidráulico en maquinaria pesada utilizando pruebas de laboratorio enfocadas a la aprobación de la norma ISO 4406.
2. No se apreció envejecimiento prematuro en los aceites analizados a través de su tiempo de uso, cuando este es procesado por un sistema de nanofiltración.
3. Se observó una disminución del material particulado a través del tiempo de nanofiltración, principalmente en partículas de $>4 \mu\text{m}$ y $>6 \mu\text{m}$, mejorando las condiciones de lubricación en el aceite.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

4. Los porcentajes de combustible, agua y hollín, se mantuvieron constantes para todas las pruebas realizadas.
5. No hubo degradación de los aditivos, ni catálisis de nuevos productos o agentes químicos perjudiciales, según los resultados del análisis de laboratorio.
6. Los valores de las 6 muestras se mantuvieron dentro de los estándares aceptables de la ISO 4406.

Referencias

Bailon-Moscoso, N., y Romero-Benavides, J. (2016). Genotoxicidad de los nanomateriales, grandes discrepancias y desafíos. *Revista Toxicología*, 33(1), 9.

Brettis. (2019). *Módulo 6: Lubricantes sintéticos*. Madrid: Isabel Gil Alonso. En <https://www.brettis.com/Tutorial/06Sinteticos.pdf>

Camacho, A., y Zapata, M. (2017). ¿Qué es un nanomaterial?. *Revista De Física*, 54(E), 57-66.

Cash, W. (2013). La toma de muestra es la clave para un análisis de lubricante preciso - Noria Latín América. Revisado el 23 junio 2019, en <http://noria.mx/lublearn/la-toma-de-muestra-es-la-clave-para-un-analisis-de-lubricante-preciso/>

Castro, A. (2013). *Química Viva* [Imagen]. Revisado en <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/imagenes/castro2.jpg>

Cat®. (2019). Cat | Cat® C4.4 Marine Generator Set | Caterpillar. Retrieved 23 June 2019, from https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems/marine-generator-sets/18414775.html

CRONASER. (2019). Por qué se añaden aditivos a los lubricantes. Revisado el 23 marzo 2019, en <https://cronaser.com/blog/por-que-se-anaden-aditivos-a-los-lubricantes/>



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

De Llano, C. (1994). *Física* (1st ed., p. 172). D.F.: Progreso S.A. de C.V.

Dietsche, K., y Klingebiel, M. (2005). *Bosch, manual de la técnica del automóvil* (p. 315). Plochingen: Robert Bosch.

Fitch, B. (2017). Identificando las etapas de la oxidación del aceite. Revisado el 23 abril 2019, en <http://noria.mx/lublearn/identificando-las-etapas-de-la-oxidacion-del-aceite/>

Gil Hernández, A. (2010). *Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos* (2nd ed., p. 545). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Helms, B.; Meijer, E. W. *Chemistry*. Dendrimers at work. *Science* 2006, 313, 929-930.

Klajnert, B.; Janiszewska, J.; Urbanczyk-Lipkowska, Z.; Bryszewska, M.; Shcharbin, D.; Labieniec, M. *Biological properties of low molecular mass peptide dendrimers*. *Int. J. Pharm.* 2006, 309, 208-217.

Kleenoil Panolin. (2010). *Kleenoil Microfiltración*. Argentina: Kleenoil.

Kleenoil®. (2019). Kleenoil Bypass Oil Filter System - Bypass Oil Filtration - Kleenoil Bypass Filter Systems. Revisado el 23 mayo 2019, en <http://www.kleenoilusa.com/index.php/products/kleenoil-products/kleenoil-bypass-filter-systems>

Lenntech. (2019). Nanofiltracion- Lenntech. Revisado el 23 junio 2019, en <https://www.lenntech.es/nano-filtracion.htm>

Menéndez, A. (2017). *Historia del futuro* (1st ed., p. 57). Oviedo: Nobel.

Muscle Products Corporation. (1993). *Aceites Lubricantes Minerales: Su Clasificación, Tipos de Hidrocarburos & Propiedades Físicas*. George C. Fennell. En <https://www.patriotpower-mpc.com/new/pdf/informes-tecnicos/mod-oct/informe28.pdf>



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Pérez, S. (2013). *Fibrología* [Imagen]. Recuperado de <http://fibrasipn.blogspot.com/2013/05/nanofibras.html>

Rivas, M. (2017). *Portada 0 Reseñas Escribir reseña UF1215 - Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos* (6th ed., p. 13). España: Elearning S.L.

Sanz, A. (2019). *Química Orgánica Industrial*. Revisado el 23 mayo 2019, en la página web <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

Service, R. Nanotechnology. *Can high-speed tests sort out which nanomaterials are safe?* Science (New York, N.Y.), 2008, 321, 1036-1037.

Swissoil. (2018). *Identificando las etapas de oxidación del aceite*. Guayaquil: Swissoil. Retrieved from http://swissoil.com.ec/boletines/boletines%202018/36_2018.pdf

Takeuchi, N. (2012). *Nanociencia y nanotecnología: La construcción de un nuevo mundo átomo por átomo* (1st ed.). Cd. de México: Fondo de Cultura Económica.

Tormos, B. (2012). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado* (2nd ed.). Valencia: Reverté.

Trujillo, R. (2019). *La oxidación - Enemiga del lubricante*. Revisado el 16 abril 2019, en <http://noria.mx/lublearn/la-oxidacion-enemiga-del-lubricante/>

Varó Galvañ, P., y Segura Beneyto, M. (2009). *Curso de manipulador de agua de consumo humano* (1st ed., p. 141). Alicante: Universidad de Alicante, Servicio de Publicaciones.

Widman International SRL. (2018). *Código de limpieza ISO*. Retrieved 23 June 2019, from https://widman.biz/Seleccion/iso_4406.html



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Yagnaseni, R., Warsinger, D. y Lienhard, J. (2017). *"Effect of temperature on ion transport in nanofiltration membranes: Diffusion, convection and electromigration"*. Desalination. 420:241–57. doi:10.1016/j.desal.2017.07.020.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Directorio Institucional

Dr. Enrique Fernando Velázquez Contreras

Rector

Dra. Guadalupe García de León Peñuñuri

Secretario General Académico

Dra. Rosa Mará Montesinos Cisneros

Secretaria General Administrativa

Dra. Ramón Enrique Robles Zepeda

Director de Investigación y Posgrado

Dr. Rodolfo Basurto Álvarez

Director de Vinculación y Difusión

Dra. Adriana Leticia Navarro Verdugo

Vicerrectora de la Unidad Regional Sur

Dr. Ernesto Clark Valenzuela

Director de la División de Ciencias Económicas y Sociales

Dr. Francisco Espinoza Morales

Secretario de la División de Ciencias Económico y Sociales

Mtra. María Guadalupe Alvarado Ibarra

Jefe del Departamento de Ciencias Económico Administrativas

Dra. Lidia Amalia Zallas Esquer

Jefe de Departamento de Ciencias Sociales



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Directorio

Editor Responsable

Dr. Francisco Espinoza Morales

Directora

Dra. Leticia María González Velásquez

Subdirector

Dr. Javier Carreón Guillen

Editor Científico

Dr. Cruz García Lirios

Master Gráfico

M.T.I. Francisco Alan Espinoza Zallas



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Comité editorial

Dra. Angélica María Rascón Larios

Universidad de Sonora. México

Dra. María del Rosario Molina González

Universidad de Sonora

Dra. Francisca Elena Rochin Wong

Universidad de Sonora. México

Dra. Lidia Amalia Zallas Esquer

Universidad de Sonora. México

Dra. Beatriz Llamas Arechiga

Universidad de Sonora. México

Dr. Rogelio Barba Álvarez

Universidad de Guadalajara. México

Dra. Rosa María Rincón Ornelas

Universidad de Sonora. México

Dr. Juan Flores Preciado

Universidad de Colima. México

Dr. Amado Olivares Leal. Universidad de Sonora

Universidad de Sonora. México

Dr. Guillermo Velásquez Valadez.

Instituto Politécnico Nacional (IPN) México



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Año 12.
Núm. 31

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera**
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Dr. Hugo Nefstalí Padilla Torres.

Universidad Estatal de Sonora. México

Dr. Luis Ramón Moreno Moreno.

Universidad Autónoma de Baja California. México

Dr. Miguel Ángel Vázquez Ruiz.

Universidad de Sonora. México

Dra. Lorena Vélez García.

Universidad Autónoma de Baja California. México

Dra. Pabla Peralta Miranda.

Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia

Mtro. Roberto Espíritu Olmos

Universidad de Colima (FCA Tecomán) Colima

Dr. Héctor Priego Huertas.

Universidad de Colima (FCA Tecomán) Colima

Mtra. María Guadalupe Alvarado Ibarra.

Universidad de Sonora. México.

Revisores de Textos en Inglés

Mtra. Cecilia Guadalupe Martínez Solano

Dra. María del Socorro Vega Mosqueda



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

Comité científico

Dr. Rosendo Martínez Jiménez. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca.

Dr. Hugo Neftalí Padilla. Universidad Estatal de Sonora

Dra. María Teresa Gaxiola Sánchez. Universidad de Sonora.

Dr. José Cesar Kaplan. Universidad estatal de Sonora.

Dr. Alfredo Islas Rodríguez. Universidad de Sonora

Frecuencia de publicación: semestral / 2 números por año.

Revista de Investigación Académica sin Frontera (RIASF) con (ISSN: 2007-8870) es un interlocutor internacional de acceso abierto revisado diario en línea en el ámbito del de las Ciencias Económicas Administrativas y Sociales. Su objetivo principal es dar a los trabajos de investigación de calidad. Cubre todas las sub-campos de los campos anteriormente mencionados. Proporciona la plataforma a académicos, estudiantes y profesionales. Sólo publica trabajos de investigación y artículos de revisión inicial. Documento presentado debe cumplir con algunos criterios como, debe ser original, inédita y no estén sometidos a ninguna otra revista.

RIASF es una revista arbitrada / Revisión por pares International. Publicamos documentos sobre una variedad de temas, contextos y estrategias de análisis que examinan la relación entre la rápida evolución para la Sociedad y la tecnología del conocimiento.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

**Año 12.
Núm. 31**

(Julio – Diciembre 2019)



**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 20 de abril de 2019. Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 28 de septiembre de 2019.

REVISTA DE INVESTIGACIÓN ACADÉMICA SIN FRONTERA, Año 12, No. 31, julio – diciembre 2019, es una publicación semestral de investigación científica, editada por la Universidad de Sonora, a través de las División de Ciencias Económicas y Sociales, de la unidad regional Sur, Blvd. Lázaro Cárdenas No. 100, Col. Francisco Villa, Navojoa, Sonora, Sonora, México, C.P. 85880. Tel. (642) 425- 99-54.

<http://www.revistainvestigacionacademicasinfrontera.com/>, fespinoz@navojoa.uson.mx.

Editor responsable: Francisco Espinoza Morales. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: **04-2013-121811323700-203** e ISSN: **2007-8870**, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Inscrita en el Directorio de LATINDEX, con Núm. De folio 20014, folio único 14590. Responsable de la última actualización de este Número, Unidad Informática de la Universidad de Sonora, fecha de la última modificación, 31 de diciembre 2019. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes en la presente publicación siempre y cuando se cuente con la autorización del editor y se cite plenamente la fuente.