



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DEGRADACIÓN DE  
ACEITE COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO  
DE MOTORES DIÉSEL-UNIMAQ SA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR**

HECTOR ALINDOR COTRINA CRUZADO

**ASESOR**

ING. JOSÉ LUIS ADANAQUÉ SÁNCHEZ

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2016**

## **JURADO**

Aprobado por:

---

Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza

**PRESIDENTE**

---

Ing. James Skinner Celada Padilla

**SECRETARIO**

---

Ing. Hubert Iván Díaz Alcalde

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

A las personas que me trajeron al mundo e instruir a salir adelante con ejemplos dignos de superación, porque estuvieron brindándome su apoyo en todo momento.

A mis hermanos porque se convirtieron en el factor primordial y poder llevar a cabo el desarrollo de mi carrera de la mejor manera.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por darme la vida y permitir que sucediera las cosas, porque sin su ayuda divina nada de lo propuesto en la vida se hubiese hecho realidad.

A mis padres por su apoyo incondicional y sus enseñanzas que nada es imposible en la vida.

A la compañía UNIMAQ SA por concederme integrar parte de un bloque de trabajo competente, porque fomentaron el desarrollo profesional que tengo.

A los docentes de la Universidad Cesar Vallejo por sus conocimientos y enseñanzas impartidas.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Hector Alindor Cotrina Cruzado con DNI N° 46928248 con aspiración de efectuar con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también, bajo juramento, que todos los datos e información que se presenta en la presente Tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Cajamarca, diciembre de 2016

-----

HECTOR ALINDOR COTRINA CRUZADO

DNI: 46928248

## **PRESENTACIÓN:**

Señores miembros de Jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DEGRADACIÓN DE ACEITE COMO HERRAMIENTA EN GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE MOTORES DIÉSEL-UNIMAQ SA”

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

HECTOR ALINDOR COTRINA CRUZADO

## INDICE

<b>JURADO</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	<b>IV</b>
<b>PRESENTACIÓN:</b> .....	<b>V</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 Realidad Problemática</b> .....	<b>5</b>
1.1.1 A Nivel Internacional. ....	5
1.1.2 A Nivel Nacional. - .....	5
1.1.3 A Nivel Local. - .....	6
<b>1.2 TRABAJOS PREVIOS</b> .....	<b>7</b>
1.2.1 Internacional. - .....	7
1.2.2 Nacional.....	8
1.2.3 Local.....	9
<b>1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA</b> .....	<b>9</b>
1.3.1 ACEITE LUBRICANTE PARA MOTORES DIESEL .....	9
1.3.2 COMPOSICION .....	9
1.3.3 CLASIFICACION DE ACEITES DE MOTORES DIESEL .....	10
1.3.4 Lubricación en Motores de Combustión Interna .....	10
1.3.5. El consumo de aceite.....	11
1.3.5.1 Mecanismos del consumo de aceite.....	11
1.3.5.2 El desgaste de los motores .....	12
1.3.6 Técnicas analíticas para la determinación de la degradación del aceite. .....	12 19
1.3.5 Mantenimiento.....	19
<b>1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>20</b>
<b>1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	<b>20</b>
<b>1.6 HIPÓTESIS</b> .....	<b>21</b>
<b>1.7 OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
<b>II. MÉTODO</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACION</b> .....	<b>23</b>

2.2.1 VARIABLES .....	23
<b>2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....</b>	<b>25</b>
2.4.1 TÉCNICAS.....	25
2.4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	25
2.4.3 Validez y Confiabilidad.....	25
<b>2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6 ASPECTOS ÉTICOS.....</b>	<b>26</b>
<b>III.- RESULTADOS. ....</b>	<b>27</b>
3.1 Análisis situacional de UNIMAQ SA Cajamarca, con respecto a la gestión del área de mantenimiento de motores Diésel .....	27
3.2 Parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Caterpillar del área de alquileres de la empresa UNIMAQ SA, Cajamarca. ....	28
3.3 Determinar el Comportamiento fisicoquímico del aceite. ....	29
3.4 Determinar como el servicio de análisis de aceite lubricante contribuye como una herramienta en la gestión de mantenimiento de maquinaria y equipos con motores diésel. ....	33
<b>IV.- DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>V.- CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>VIII ANEXOS .....</b>	<b>43</b>
<b>UBICACIÓN DEL TALLER DE SERVICIOS CAJAMARCA .....</b>	<b>106</b>
<b>INSVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA .....</b>	<b>107</b>



## **RESUMEN**

Esta tesis posee por finalidad aportar y prestar atención al desarrollo de los avances tecnológicos aplicados al presente en nuestro país, mediante este trabajo de categoría se inicia una técnica investigativa orientada al estudio del comportamiento de parámetros de desgaste de aceite lubricante en motores diésel, en la firma Unimaq SA ciudad de Cajamarca, 2016. El análisis de comportamiento de los parámetros de desgaste, tiene como punto de inicio la realización del soporte teórico de funcionamiento del motor de combustión interna diésel y los elementos a estudiar que se encuentran dentro de su sistema de lubricación. Se aplican conocimientos teóricos sobre el análisis de aceite y la tribología de lubricantes que facilitaran puntualizar el marco metodológico que ayudara a determinar los diferentes elementos de desgaste presentes en el aceite, establecer la procedencia y verificar si cumplen con los estándares establecidos. La implementación del estudio del comportamiento de parámetros de desgaste en la empresa Unimaq SA contiene las siguientes actividades: la recolección de datos emitidos por el laboratorio de análisis de aceite, operaciones de mantenimiento por horas, establecer índices de desgaste anormales durante un periodo de dieciséis semanas y una población de 200 muestras de aceite. Los resultados obtenidos producto del estudio del comportamiento de los parámetros de desgaste pretenden obtener, disponibilidad, confianza, mayor rendimiento, disminución de costos de mantenimiento que permita ofrecerle al cliente un servicio óptimo de calidad

**PALABRA CLAVE:** Lubricantes, análisis de aceites, motores diésel.

## **ABSTRACT**

This thesis aims to provide and pay attention to the development of technological advances currently applied in our country through this degree work an investigative process aimed at studying the behavior of wear parameters lubricating oil in diesel engines start in business SA Unimaq city of Cajamarca , 2016 .The study of behavior of the wear parameters , has as a starting point the realization of the theoretical support of operation of internal combustion diesel engine and elements to study that are within your lubrication system. theoretical knowledge on oil analysis and tribology of lubricants to facilitate point out the methodological framework that will help determine the different elements present in the oil wear, set the source and verify compliance with established standards apply. The implementation of the study of the behavior of parameters of wear on the company Unimaq SA contains the following activities : collecting data issued by the laboratory oil analysis , maintenance operations for hours, establish rates of abnormal wear over a period of sixteen weeks and a population of 200 oil samples.

The results of the study product behavior of the wear parameters seek to obtain , availability , reliability , increased performance , reduced maintenance costs allow to offer customers optimal service quality

**KEYWORD:** Lubricants, oil analysis, diesel engines

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad Problemática**

#### **1.1.1 A Nivel Internacional.**

Hay distintos modos, entre ellos, el fundado en el análisis de laboratorio del aceite lubricante que se aplica con severidad científica para percibir qué es lo que está aconteciendo en la interna del motor. Dentro de sus primordiales virtudes son: componer un mecanismo del mantenimiento predictivo, impide detenciones no planificadas, contribuye a precaver desperfectos, amplía la vida útil del motor Diésel, aminora el coste de inventario, incrementa la disponibilidad de los motores y aporta con el control de emanación de gases de escape expedidos hacia la atmosfera. Este procedimiento reside en una gama de evidencias de laboratorio que facultan determinar las propiedades físico-químicas de los aceites lubricantes y especificar indirectamente el aspecto técnico de los elementos del motor al contemplar los resultados del análisis de aceite, es factible realizar el dictamen sobre la condición del motor; aplicando el nexo "causa-efecto" real a través las cualidades físico-químicas y las conglomeraciones de metales en el aceite lubricante, adquiridas en el examen de laboratorio, con las circunstancias del aspecto técnico de los elementos del motor Diésel.(Valderrama y López, 2001, p.07)

#### **1.1.2 A Nivel Nacional. -**

Un estudio esquematizado del aceite admite pronosticar fallas y revelar índices de deterioro, logrando evitar que los inconvenientes pequeños no se tornen en daños mayores, localizar probables anormalidades en las tendencias que causen decrecimiento de la duración del elemento o deficiencias prematuras e impensadas. (Ferreyros, 2011.p03).

Desarrollando análisis con cierto tiempo de programación apoya a disponer y proyectar la manutención al sistema de lubricación del motor y prolongar la duración de la máquina, el análisis de aceite no imposibilita que los elementos se debiliten, nos muestra un índice de deterioro o estipula hacia un desgaste anómalo, (Ferreyros, 2011.p04).

En todo el Perú hay un gran apego por estimar la conducta de los parámetros de degeneración de los aceites empleado en los motores diésel, debido que las empresas personalizadas en mantenimiento tendrán que efectuar este modelo de estudio para ofrecer una destacada prestación con clase y excelentes efectos, ya que un estudio de laboratorio bien hecho es muy útil en cualquier esquema de mantenimiento preventivo porque admite enmendar irregularidades en el esbozo inédito de varios dispositivos. (Ferreyros, 2011.p04).

### **1.1.3 A Nivel Local. -**

En la región Cajamarca la Empresa Unimaq S.A, cuenta con acceso a un laboratorio de análisis de aceite de motores diésel; el análisis de aceite se debe respaldar en una serie de análisis periódicos y continuos, con lo cual se puede establecer la tendencia del desgaste y controlar estadísticamente los desgastes normales, progresivos o acelerados en los motores diésel.

Por consiguiente se tiene dificultades en los motores nuevos y que se encuentran dentro del periodo de garantía, ya que si no se lleva a cabo un adecuado seguimiento del estado técnico del motor se corre el riesgo de efectuar reparaciones antes del intervalo establecido por el fabricante, y los costos que esto conlleva la empresa lo tiene que asumir como costo interno afectándolo muchas veces en la rentabilidad de la misma; además no existe adecuada interpretación de los índices de desgaste y contaminantes presentes en el aceite; esto implica un entorpecimiento al proceso productivo de la empresa; por ello se plantea el estudio de análisis y evaluación del comportamiento de los parámetros de degradación del aceite lubricante utilizado en motores diésel Caterpillar , basado en la interpretación de la data estadística de muestras de aceites que se efectuaron durante el periodo 2014-2015.

## **1.2 TRABAJOS PREVIOS**

### **1.2.1 Internacional. -**

Delgado y Figueroa (2013, p.12), en su indagación: Sistema para la Determinación de la Degradación del Lubricante Basado en el Tratamiento Digital de Manchas de Aceite de Motores diésel, exhibe que en cualquier entidad es indispensable poseer evidencias prontas que definen el aspecto del lubricante y del motor. En el actual ensayo se determinan y encuadran parámetros peculiares vinculados con el proceso digitado de ilustraciones de las manchas de aceite. Cogiendo como cimiento la deducción de la mancha de aceite emitida por los diestros y enlaces que admiten computar la dispersividad y la englobada carbonilla del lubricante.

Cedillo y Jaramillo (2012, p10), en su estudio: Influencia del Filtro de Aceite en la Degradación del Aceite Lubricante, Vida Útil del motor de Combustión Interna y Consumo de Combustible, en el apartado se define la influencia del filtro de aceite en la degeneración del aceite lubricante, duración del Motor de Combustión Interna (MCI) y gasto de combustible. Los efectos exponen que se alcanza considerable rendimiento al emplear filtros de aceite de alta gama, debido a que se consigue: un alargamiento en la subsistencia del MCI en un 30 %, ampliación del tiempo de canje de aceite en un 35% y menor dispendio de combustible alrededor de 5 a 6 %, economizando inclusive un 43,76% en gastos de mantenimiento.

Viteri y Jaramillo (2011, p.08) en su tesis: Análisis De La Degradación De Aceites Lubricantes Y Propuesta De Planes De Mejora Para El Mantenimiento Del Equipo Pesado Del Ilustre Municipio Del Cantón Archidona”, la publicación engloba el análisis de los aceites lubricantes actuales, selección, características, viscosidad, patrones de calidad, fuente, ascendencia, aditivos que se agregan de acuerdo a las circunstancias de trabajo. En este estudio se ha elaborado un examen del deterioro de las partes en motores de combustión interna a diésel, es por ello que, estimaron laborar con motores de 4 tiempos, 6 cilindro en línea.

De Abreu (2006,p.09) En su tesis: Estudio De Factibilidad Técnico Económico Para la ejecución de un Laboratorio de tribología adaptada con Particularidades Comerciales en las Instalaciones de la Universidad

Metropolitana; en la viabilidad se analizaron la singularidad de la demanda y la oferta, se ejecutaron estudio de aceites a especímenes de motores de aeronaves en un laboratorio prestigioso como Venoco y en la Universidad Metropolitana para confrontar efectos y determinar la situación de los equipos existentes. La metodología empleada para la práctica de los análisis de aceites está apoyada en la norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) y para elaborar el estudio de factibilidad se consideró la valoración de proyectos, la cual dispone una sucesión de fases para sobrellevar la investigación.

### **1.2.2 Nacional.**

Azañero y Poma (2013, p.13) en su tesis: Estudio De Pre - Factibilidad Para La Implementación De Un Laboratorio De Análisis De Lubricantes En El Perú”, en esta investigación se decretó la viabilidad técnica y económica de implementar un laboratorio destinado a examinar lubricantes, teniendo como propósito estimular al progreso subsiguiente de un estudio más minucioso y sobresaliente para un proyecto permanente, a modo de mecanismo de economizar importes de mantenimiento, asimismo se determinara cuáles son los probables riesgos al ambiente para un laboratorio de análisis de aceite lubricante.

Valderrama y López (2011,p.10) en su apartado titulado: Diagnóstico Técnico De Motores Diésel Mediante El Análisis Estadístico Del Aceite Lubricante , se muestra la metodología establecida en el análisis estadístico, que calcula los resultados del análisis de laboratorio de tres ensayos experimentales de un aceite; en función al tiempo de la toma de las muestras, lo que permite predecir la tendencia de los resultados; así como la variación físico-química del lubricante; se estipula el periodo de rellenado o el periodo de cambio del aceite y con el análisis comparativo se realiza el diagnóstico del estado técnico de los componentes del motor Diésel de diferente aplicación.

### **1.2.3 Local.**

En Cajamarca, no hay un Estudio Tecnológico sugestionado en esta materia, la mayoría de poseedores de equipos diésel procuran tener discernimiento de cómo adquirir mayor rentabilidad y un estupendo desempeño de sus máquinas, para ofrecer destacadas prestaciones en el mantenimiento de sus operaciones. Existen empresas destinadas al rubro de la distribución de máquinas y accesorios de las mismas, donde se puede constatar que nadie tiene laboratorios de análisis de aceites lubricantes que favorezcan la labor de los conocedores.

## **1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA**

### **1.3.1 ACEITE LUBRICANTE PARA MOTORES DIESEL**

Debe ser elaborado de acuerdo a los requisitos y dificultades determinadas a las que va a estar expuesto. Dentro del propósito de líquido lubricante el primordial es aminorar la frotación y el deterioro. Objetivos anhelados la detergencia, la disipación de calor, el sellamiento debe depender cuando se elige el fluido. (Arévalo, 2015, p.15)

### **1.3.2 COMPOSICION**

#### **1.3.2.1 ACEITES BASE**

“Es una composición de dos o más aceites base quienes son resultado obtenido del petróleo crudo llamados aceites minerales, u otros productos químicos simplificados químicamente nombrados aceites sintéticos” (Arévalo, 2015, p.16).

Los aceites base obtenidos de la purificación del crudo derivan de distintos procedimientos de acuerdo al tipo de crudo del cual es materia prima. Hay tres prototipos de crudos parafinicos, naftenicos y de base mixta; a cada uno le competen diversos procedimientos, por lo general el procedimiento habitual que admite adquirir el aceite base lo establecen: Destilación, Extracción con disolvente, Proceso de finalizado, Desparafinado (parafinicos y mixtos). (Arévalo, 2015, p.16)

#### **1.3.2.2 ADITIVOS**

Elementos que se agregan al aceite en medidas pequeñas posibilitan que acreciente sus características físicas o químicas esenciales. Hay diversos aditivos como: Depresores del punto de congelación, Modificadores de viscosidad,

Antioxidantes, Aditivos detergentes, Aditivos dispersantes, Aditivos anti desgaste. (Arévalo, 2015, p.16)

### **1.3.3 CLASIFICACION DE ACEITES DE MOTORES DIESEL**

Cimentada en la viscosidad y dada por SAE (Society of Automotive Engineers), se fundamenta en la viscosidad del aceite estableciendo doce niveles adecuados para el empleo en motores de combustión. La pauta que guía esta distribución es la SAE J300. (Arévalo, 2015, p.16)

#### **1.3.3.1 DE ACUERDO A LA VISCOSIDAD(SAE)**

- ✚ **ACEITE MONOGRADO:** Tienen un sólo grado de viscosidad. Ejemplo: SAE 10W; SAE 40.
- ✚ **ACEITE MULTIGRADO:** diseñados para tener una menor viscosidad en el arranque, y cuando aumenta la temperatura del compartimiento, el aceite alcanza su viscosidad de operación. Ejemplo: 15W 40. (Arévalo, 2015, p.17) **(ver anexo 001)**

#### **1.3.3.2 DE ACUERDO AL RENDIMIENTO(API)**

El incremento de las demandas de lubricación en los motores a incentivado el surgir de especificaciones ajustables a cada modelo de motor. En motores Diésel se utiliza la especificación API, donde cada nueva especificación refiere al acrecentamiento del grado de requerimiento para una o más zonas de la especificación previa. (Arévalo, 2015, p.18) **(ver anexo 002)**

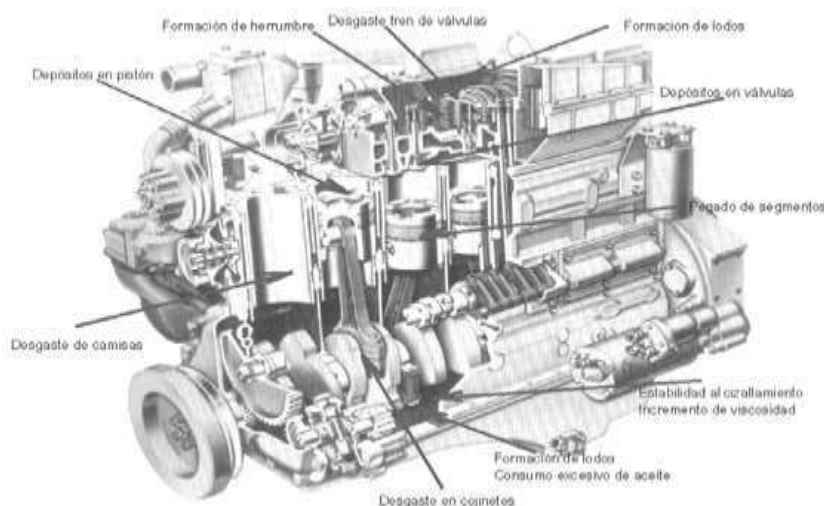
### **1.3.4 Lubricación en Motores de Combustión Interna**

“En los motores de combustión interna, el comburente es incinerado en las partes interiores del motor, la lubricación se ve formidablemente entorpecida exigido por los fenómenos agregados y más rigurosos a los que debe confrontar” (Tormos, 2013, p.09).

- Las elevadas temperaturas, resultados de la combustión y desechos que logran envenenar el lubricante, prominente empuje de cizallamiento, etc. El tipo y clase del comburente empleado, así como el modelo de ciclo de motor van a ser proporciones significativas en la lubricación. (Tormos, 2013, p.09)



Fig. 01



### **Demanda del aceite en motores alternativos.**

#### **1.3.5. El consumo de aceite**

“Interpretado a manera de reposiciones o restituciones efectuadas en el cárter, es una dimensión representativa en el desempeño del motor, con reiteración ese empleado como parámetro orientado del deterioro soportado en el motor” (Tormos, 2013, p.30-31).

Esta dado en función de: figura económica, al ser un parámetro evidente en el coste de aplicación del automóvil o sistema en que se encuentra articulado el motor, y en fundamento a su categoría técnica al encontrarse vinculado con el rendimiento o condición del motor y por último por la previsión o custodia tener en cuenta en concordancia con la prosperidad mecánica del motor en el curso de su utilización. Tormos (2013, p.30-31)

##### **1.3.5.1 Mecanismos del consumo de aceite**

“Hay dos argumentos elementales que fomentan el dispendio del aceite lubricante en el motor:” (Tormos, 2013, p.31).

- Debido a pérdidas del fluido.
- Por la combustión del aceite.

El consumo por evasión o filtración está vinculado con la elaboración del motor y su ambiente de aplicación (circulación por vías escabrosas, alto régimen medio del motor, nivel de aceite elevado), así como el mantenimiento ejecutado. Tormos (2013, p.31).

### 1.3.5.2 El desgaste de los motores

“La labor primordial del lubricante es de mitigar el frotamiento dentro de zonas con desplazamiento limitado en medio de ellas y con ello el deterioro que padecen a valores insuficientes admisibles” (Tormos, 2013, p.43).

Irrefutablemente los resultados que provienen de un desgaste anómalo son: avería absoluta, disminución de potencia, incidencias evidentes sobre la duración del automóvil. No hay que atribuir precisamente al lubricante categóricamente la protección del desgaste, ya que otros agentes van a acongojar al mismo como: la tecnología del conjunto y de cada parte estimada indistintamente, la constitución metalúrgica, las circunstancias de aplicación del motor. Tormos (2013, pag.43)

**DESGASTE:** Toda minoración de materia en una pieza expuesta a rozamiento. Los patrones de deterioro más previsible se muestran en:

**Tabla N° 1**

PARTE	DESGASTE ADHESIVO	DESGASTE CORROSIVO	DESGASTE ABRASIVO	DESGASTE POR FATIGA	DESGASTE EROSIVO
Camisas, segmentos, pistones	✓	✓	✓		
Levas, empujadores, balancines	✓	✓	✓	✓	
Vástago-guía de válvula	✓		✓		
Apoyo-asiento de válvula			✓		
Engranajes de distribución	✓		✓	✓	
Muñones		✓	✓	✓	✓
Cojinetes		✓	✓		✓
Órganos auxiliares	B. de aceite	✓		✓	
	B. de combustible	✓		✓	
	B. de inyección	✓		✓	

Fuente: Tormos (2013, p.46)

#### Tipos de desgaste en el motor.

### 1.3.6 Técnicas analíticas para la determinación de la degradación del aceite.

“Ciertos procedimientos aceptables a ampararse para la estimación de las cualidades del lubricante a través de las cuales se puede puntualizar su degeneración” (Tormos, 2013, p.81).

El medio por el cual se aminora las funciones de: lubricar, proteger, limpiar, refrigerar y sellar; ocasionado por la alteración de sus propiedades físicas y químicas. El nivel de degeneración es el envilecimiento de las cualidades iniciales del aceite y obedece a: condición y mantenimiento del motor, clase

del aceite, acritud del servicio, intervalo o kilómetros del aceite y agregados de aceite nuevo hacia el cárter. (Tormos,2013, p.81)

#### **1.3.6.1 Procedimiento Para Toma De Muestras De Aceite**

El llevar a cabo toma de muestras de aceite de motor implica regirse a un procedimiento determinado, y así, poder obtener de manera indirecta el estado técnico de los componentes internos del motor de combustión interna; para tal efecto existen dos formas: (Ferreyros, 2013, p.6)

➤ **Por Sonda De Válvulas De Aceite**

Consiste en obtener la muestra de aceite por medio de una sonda de latón(8T9208) y un tubo próximo a 15 cm. (Ferreyros, 2013, p.7) **ver anexo 003.**

➤ **Método De Obtención Por Vacío**

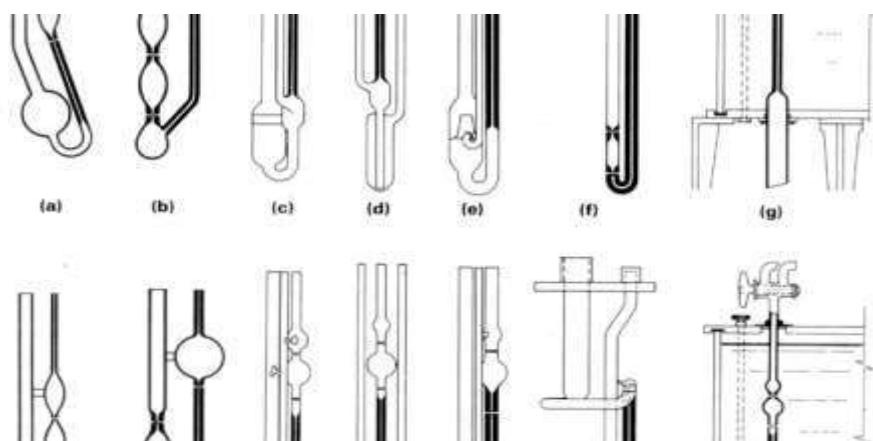
Para realizar esta prueba es necesario contar con una bomba de vacío 1U5718; se emplea para sistemas de baja presión, que no cuentan con válvulas para obtener muestras. (Ferreyros, 2013, p.9) **ver anexo 003.**

#### **1.3.6.2 Viscosidad**

“Peculiaridad sustancial en un fluido desde la posición de la lubricación y para el empleo apropiado, por lo que, va a instaurar su aptitud física para salvaguardar la lubricación” (Tormos, 2013, p.81).

Esto es, precisar sus perjuicios por frotación, el desempeño mecánico, la suficiencia de carga y el dispendio del fluido para explícitas circunstancias de velocidad, temperatura, carga y magnitud del elemento que evalúa. La normativa ASTM D-445 detalla el procedimiento para la dimensión de la viscosidad dinámica en fluidos newtonianos translucidos y grises a cualquier temperatura. Tormos (2013, p.83).

Fig. 2



*Variedad de viscosímetros*

### 1.3.6.3. Punto de inflamación.

“Bajo termino ingles “flash point”, la temperatura ínfima donde el aceite segrega la dosis idónea de niebla necesaria encender inmediatamente al emplear una llamarada; manifestándose grados Celsius(°C)” (Tormos 2013, p.87).

El punto de combustión en un aceite gastado incrementa con el periodo de empleo exigido por la gasificación de partes volátiles propias. El decrecimiento del punto de ignición se puede alcanzar en los aceites por la existencia de comburente. Tormos (2013, pag.87).

### 1.3.6.4. Acidez-basicidad del aceite.

“El grado de acidez o alcalinidad se logra manifestar por el número de neutralización pertinente, definido como la cuantía de álcali o ácido referido en miligramos de hidróxido de potasio (KOH)” (Tormos 2013, p.88-89).

El monitorizado de la acidez permite calcular la variación química experimentada por el aceite como resultado de su oxidación y, la polución de los ácidos derivados de la ignición.

La medida empleada, es el índice de acidez completa, habitualmente referido como TAN (Total Acid Number), que es la medida de principio expuesta en miligramos de KOH indispensable para invalidar todos los constituyentes ácidos en un gramo de aceite, incorporando débiles y fuertes. Tormos (2013, p.88-89).

### 1.3.6.5. Insolubles del aceite.

Productos inanimados y biológicos acelerados que incorpora el aceite gastado. Una fracción se sitúa como lacas y barnices en los anillos, falda del pistón y otros

espacios del motor; otra porción se encuentra como lodos o barro (sludge) en el fondo del cárter y de los conductos de lubricación, con el riesgo de taponarlos; el resto se diluye en el aceite espesándolo con el consiguiente aumento de la viscosidad. La noción de cabida y constitución de estos artículos es sugestiva para el diagnóstico, pues están enlazados inmediatamente con la degeneración del lubricante, la eficiencia de filtros, el desgaste. (Tormos, 2013, p.90)

#### **1.3.6.6. Capacidad detergente/dispersante de los aceites.**

“Su labor es impedir o recortar la creación de sedimentos en las piezas candentes del motor, exclusivamente en el pistón y los alojamientos de anillos” (Tormos 2013, p.91).

Suelen englobar componentes que influyen desfavorablemente a la oxidación del aceite y el resultado de causticidad encima de cojinetes. Singularmente, los sulfonatos, detentan la destreza de custodiar la sustancia carbonosa y distintos contaminantes esparcidos en el aceite. Los barro están combinados por mezclas engorrosas de productos incompleto de la combustión: carbón, óxidos, agua. (Tormos, 2013, p.91)

#### **1.3.6.7 Análisis del Aceite**

Posibilita prever deficiencias y mostrar niveles de deterioro, pudiendo evitar que los inconvenientes pequeños se tornen daños considerables. Consta en un estudio al aceite lubricante de distintas secciones como: sistema hidráulico, dirección hidráulica, sistema de frenos, motor, transmisión, caja marina, mando de la bomba, diferenciales o ejes, mandos finales, tandems, rola, tornamesa, círculo de giro, compresor, caja reductora, cabezal de rotación, bastidores, etc.

#### **VARIABLES QUE AFECTAN EL DESGASTE**

Hay 3 factores: El Aceite Lubricante, La Contaminación, Las Partículas de Desgaste. (Ferreyros, 2013, p11)

#### **1.3.4.7 Tipos de Análisis**

El Análisis Periódico de Aceite radica en una secuencia de evidencias de diagnóstico que miden la polución y degeneración en un espécimen de aceite. Las pruebas, son:

##### **1) Detección de Elementos de Desgaste**

Se efectúa por medio de un ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo), se revelan 22 moléculas metálicas, Daños, Contaminantes y Aditivos como el Cu, Fe, Cr, Ni, Ti, V, Cd, Ag, Pb, Sn, Al, Si, Na, K, Mo, B, Ba, Ca, Mg, Mn, P y Zn; La mezcla de

elementos exhibe un usual o inusual debilitación de piezas del equipo. Se manifiesta en porción por millón (ppm) o miligramo / Litro (mg/Lt) y descubre moléculas de 8 ó 10 micrones (u). (Ferreyros, 2013, p.12)

**Fig. 3**

Fuente: Ferreyros (2013, p.12)



**Plasma ICP**

## **2) Análisis de la condición del aceite**

Estipulado a través de un Espectrofotómetro Infrarrojo, (FT-IR: Fourier Transform Infra red Analysis), determina moléculas orgánicas al mesurar su asimilación de llama infrarroja a la distancia de onda establecida. Empleado al aceite del total de secciones, evalúa la cuantía de Hollín, Oxidación, Nitración y Azufre, polución con Agua, Combustible o Glicol. Son expuestas en proporciones (UFM =Unsubtracted FT-IR Method number. (Ferreyros, 2013, p.12)

## **3) Pruebas Físicas**

Reafirman la existencia de Agua, Combustible y Glicol en el Aceite.

**Agua.** – El hallazgo y cuantía contigua de agua se desvela en la “Prueba de Chisporroteo”. La medida de chisporroteo divide la proporción agua encontrada (Trazas = 0.1%, Positivo = 0.5% y Excesivo = 1.0% y +1. 0%). Otra medida de agua por encima de 0.5% es peligroso, el agua mezclada con el lubricante instaura una solución y un ácido agresivo que carcome el metal.

**Combustible.-** Se evidencia por la "Prueba de Destello", en un Seta flash graduado se inyecta 4 ml de aceite en un recipiente hermético y se hierve 2 minutos ; la niebla del comburente impulsados por el calor ocasionarán destellos,

si la disolución es exacto o superior que el 4.0% , la contaminación con comburente reduce las cualidades lubricantes del aceite, la laminilla de aceite pierde la fortaleza obligatoria para imposibilitar el roce de metal contra metal y acarrear al desperfecto de los cojinetes y agarrotamiento del embolo.

**Glicol.** - La presencia de anticongelante es comprobado por medio de una tentativa química (agregar un agente químico al espécimen de aceite), si existe glicol, ocasionará una variación de tono, el glicol produce oxidación rauda del óleo; el óleo herrumbroso se vuelve espeso y crea residuo que tapone el filtro, Caterpillar explica la no existencia de Glicol en el óleo. (Ferreyros, 2013, p.13)

**4) Análisis TBN (Total Base Number),** llamado también BN, es la Cantidad expuesta en conclusión correspondiente de mg de base, que demanda para contrarrestar los ácidos inmersos en un gramo muestra, las unidades se dan en: (mg KOH/g aceite). (Ferreyros, 2013, p.14)

#### **5) Conteo de Partículas**

Pondera y clasifica, conforme la dimensión, el número de moléculas actuales en el óleo incluso de medida mayor o igual que 50 micras; tanto las moléculas metálicas como las no metálicas. Emplea el ISO 4406 año 1999 para fijar los efectos del análisis. (Ferreyros, 2013, p.15)

**Fig. 4**

Fuente: Ferreyros (2013, p.15)



**Equipo contador de partículas.**

#### **6) Viscosidad**

“Es la oposición del óleo a discurrir, es la propiedad más sustancial del óleo, es fundamental que el óleo detente la viscosidad adecuada a temperaturas elevadas

e inferiores donde va a laborar el compartimento. Para evaluar la viscosidad, es bajo 2 niveles de medida. (Ferreyros1, 2013, p.12)

- A 40°C (Temperatura atmosférica)
- A 100°C (Temperatura de trabajo).

**Fig. 5**

Fuente: Ferreyros (2013, p.12)



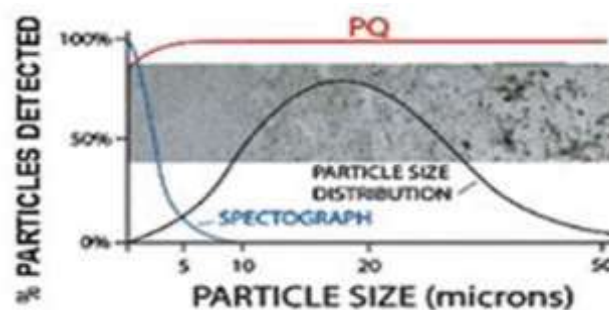
**Equipo medidor de viscosidad**

## 7) Índice PQ

Determina cantidad de moléculas ferromagnéticas en especímenes de oleo gastado, estas moléculas ferrosas logran ser incluso superiores a 10 micras. Es un mecanismo valioso ya que reconoce moléculas ferrosas mayúsculas no localizadas por demás métodos analíticos. Este indicativo es una cantidad adimensional y es capaz de vincularse con el Conteo de Partículas y/o con las ppm logradas por la herramienta ICP Plasma. (Ferreyros, 2013, p.16)

**Fig. 6**

Fuente: Ferreyros (2013, p.12)



**Grafica Índice PQ**

## 8) Hoja de Resultados

El Informe de Estudio de Laboratorio exhibe los efectos de los 4 especímenes de óleo, la paráfrasis contiene el Análisis de propensión de la totalidad de



componentes. Manipula el soporte documentario, y antecedentes del total de maquinaria consignadas en el sistema.

**Fig. 7**  
**Modelo de Reporte de análisis de aceite**

Fuente: Ferreyros (2013, p.12)



### 1.3.5 Mantenimiento

“Es el grupo de métodos destinados a preservar equipos y establecimientos en prestación por el mayor periodo admisible, registrando la más elevada disponibilidad y con la máxima productividad” (García 2003, p.16).

A principios de la insurrección industrial, los mismos trabajadores se ocupaban de las restauraciones de las maquinas. Conforme se fueron elaborando más complicadas, emprendieron los iniciales apartados de mantenimiento. Las labores en estos dos periodos eran esencialmente correccionales. Ya la Primera Guerra Mundial y, más aun, de la Segunda, emerge la concepción de fiabilidad, y los apartados de mantenimiento examinan no sólo resolver los fallos, sino preverlas e intervenir para que no sucedan; además se persigue incrementar y fiabilizar la producción, eludir las pérdidas por daños y sus costes asociados. García (2003, p.16).

#### 1.3.5.1 Tipos De MANTENIMIENTO

Después de realizar la relación de máquinas, separados en los componentes que lo integran y referido cada punto, ahora toca dictaminar cómo conservar uno a uno esos equipos. Habitualmente, se han señalado 6 ejemplos:

— **Mantenimiento correctivo:** Conglomerado de labores designadas a modificar las deficiencias que se van exhibiendo en los diversos equipos y notificadas al área de mantenimiento por los beneficiarios.

— **Mantenimiento preventivo:** Cuyo encargo es conservar un nivel de prestación precisa en los equipos, planteando las mejoras de sus puestos endebles en el momento más idóneo.

— **Mantenimiento predictivo:** Pretende saber e indicar continuamente la condición y operatividad del establecimiento a través del discernimiento de la estimación de variables definidas, específicas de la circunstancia.

--- **RCM:** Esta basado en la investigación de equipos, el estudio de modos de falla y la utilización de modos registro y tecnología de localización.

— **Mantenimiento cero horas:** La finalidad es inspeccionar los equipos a periodos planificados antes de que manifieste algún fallo, o en el momento que la fiabilidad ha reducido considerablemente, lo cual surge temerario elaborar predicciones hacia su suficiencia productiva.

— **Mantenimiento en uso:** Radica en la obtención de datos, verificaciones ópticas, pulcritud, lubricación, reajuste de pernos; y solo requiere de una preparación corta. García (2003, p.32-33).

#### **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En concordancia a lo expuesto previamente en la situación problemática nos admite inducir la consecuente reflexión y plantear la siguiente pregunta:

¿De qué manera se puede aplicar la evaluación de los parámetros de degradación de aceite como herramienta en la gestión del mantenimiento de motores Diésel – UNIMAQ SA.?

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**

##### **Teórica.**

La evaluación de comportamiento de los parámetros de degradación del aceite lubricante sucede por factores como fiabilidad, disponibilidad, rendimiento y productividad que implica lograr beneficio de la compañía UNIMAQ SA; por ello se propone un estudio de carácter fisicoquímico del aceite de motores diésel y apoyar en el desarrollo rentable de la empresa.

### **Práctica.**

En Cajamarca se tiene acceso a laboratorio especializado en el estudio de comportamiento de parámetros degradativos del aceite, equipo o tienda con la competente técnica de ejecutar ensayos en circunstancias verídicas de empleo para este modelo de análisis.

### **Tecnológica.**

La implementación de estudios técnicos trae consigo un incremento en la eficiencia y productividad de la empresa UNIMAQ SA, Cajamarca. Los problemas o defectos en el aceite lubricante para máquinas serán descubiertos antes de producirse al transporte y montaje del motor en su correspondiente máquina.

### **Social.**

Se quiere también hacer conocimiento a los propietarios de los equipos diésel el grado de contaminación que emite su motor al degradarse el aceite.

### **Económica.**

Lo que se busca es extender la subsistencia del motor para beneficio de la empresa UNIMAQ SA, asimismo a sus consumidores brindando un aval de la labor ejecutada al motor, buscando la complacencia y la confianza de la estupenda productividad de los componentes en mención y en un venidero la empresa tenga el amparo de estudios certificados y evite esfuerzos físicos y económicos en restauraciones no esperadas.

### **Ambiental.**

El efecto ambiental de los Motores de Combustión interna está fuertemente vinculado con dilema colectivo generado por el empleo progresivo del mismo: la disminución de niveles de emanación de elementos tóxicos y los denominados "gases de invernadero", y la minoración de los niveles de ruido.

### **1.6 HIPÓTESIS.**

Si realiza la evaluación de los parámetros de degradación de aceite entonces se puede aplicar de manera directa como herramienta en gestión del mantenimiento de motores Diésel – UNIMAQ SA.

## **1.7 OBJETIVOS.**

### **General.**

Realizar la evaluación de los parámetros de degradación de aceites para aplicarla como herramienta de gestión de mantenimiento de motores Diésel – UNIMAQ SA.

### **Específicos.**

1. Realizar un análisis situacional de UNIMAQ SA Cajamarca; con respecto al registro control y toma de decisiones en el área de mantenimiento de motores Diésel.
2. Identificar los parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Caterpillar del área de alquileres de la empresa UNIMAQ SA, Cajamarca
3. Determinar el Comportamiento fisicoquímico del aceite.
4. Determinar como el servicio de análisis de aceite lubricante contribuye como una herramienta en la gestión de mantenimiento de maquinaria y equipos con motores diésel.

## **II. MÉTODO.**

### **2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

La actual indagación es no experimental descriptivo longitudinal. Porque se centra primero en realizar el diagnóstico de la condición vigente de la gestión en el área de mantenimiento de motores Diésel en UNIMAQ SA, Cajamarca identificando y determinando los parámetros de degradación, el Comportamiento fisicoquímico, y el nivel de contaminación del aceite lubricante. Y luego se estudia la evolución a través del periodo con respecto a la continuidad del intercambio de aceite de los parámetros de degradación.

Quedando el compendio el de una sola casilla:

M □ O

Donde “M” es la muestra y O es la evaluación de la particularidad de esta, la determinaran los parámetros de degradación del aceite lubricante que presentan un comportamiento óptimo de calidad al ser utilizados en motores diésel Caterpillar del área de alquileres de la empresa UNIMAQ SA, Cajamarca.

## 2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACION.

### 2.2.1 VARIABLES

**Variable independiente:**

Evaluación de los parámetros de degradación de aceites.

**Variable dependiente:**

Herramienta de Gestión del mantenimiento de motores.

### 2.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Índice
<b>Independiente</b> :  Evaluación de los parámetros de degradación de aceites.	El análisis de aceite usado consiste en tomar muestras cada cierto período de tiempo de funcionamiento del motor, generalmente coincidiendo el de cambio de aceite, para posteriormente evaluarlas con la finalidad de determinar tanto el estado del motor como el del lubricante.	El grado de contaminación del aceite debido a la presencia de partículas de desgaste o sustancias ajenas a éste. El estado del aceite se detecta operativamente determinando la degradación que ha sufrido, es decir, la pérdida de la capacidad de lubricar	Comportamiento físico-químico	Viscosidad basicidad Detergencia / Dispersividad Mancha de aceite Constante dieléctrica Espectrometría infrarroja	De razón
			Contaminación del aceite	Dilución con combustible Dilución con agua Contenido de materias carbonosas Espectrometría infrarroja.	De razón

	(Ferreyros,2011 ,p.04)	causada por una variación de sus propiedades físicas y químicas y de las de sus aditivos			
<b>Dependiente:</b>  Herramienta de Gestión del mantenimiento	Sistema de registro, control y consolidación de datos	Conjunto de acciones relacionados con el registro, control y consolidación de los datos con respecto al mantenimiento de motores diésel.	Registro  Control  Consolidación	Intervalos  Periodos  Frecuencia  Toma de decisiones	De razón

### 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

#### **Población:**

Establecida por la integridad de unidades (40) de motores diésel Caterpillar de los equipos de la flota de alquileres en la empresa UNIMAQ SA, dentro de los cuales dieciocho (18) excavadoras modelo 320DL, diez retroexcavadoras (10) modelo 420F, nueve (9) mini cargadores modelo 246C, tres (3) perforadoras modelo ECM 590.

#### **Muestra:**

Para determinar el tamaño de muestra, primero se verificó la diferencia significativa entre motores diésel Caterpillar; con respecto a la degradación del aceite en el tiempo. La prueba de diferencia de medias se aplicó a una muestra de cuatro (4) motores; encontrando en el análisis de varianza que no

existen diferencias significativas entre Máquinas con respecto a la Oxidación, Nitración, Sulfatación, Hollín, Viscosidad y PQI. Esto justifica el estudio de un solo modelo de motor.

## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

### **2.4.1 TÉCNICAS**

Las Técnicas empleadas en esta indagación serán como: Encuestas y observaciones directas.

- ❖ **Encuesta.** Es una destreza de adquisición de obtención de apego sociológico que busca información sobre el problema propuesto.
- ❖ **Observación directa:** Práctica de acopio de información muy trascendental y consiste en la anotación sistematizada, legítimo y confiable a través de una ficha de observación.

### **2.4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Se utilizará la data estadística de servicio de Comportamiento de los parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Caterpillar, para el presente propósito se utilizarán.

- a. **Hoja de encuesta:** Ficha realizada en convenio con la información pedida, a través del cual se puede entender el dictamen o aprobación del tipo seleccionado en un espécimen sobre una materia dado.
- b. **Ficha de observación:** Mecanismo de acopio de información que posibilita observar y distinguir de forma vivencial, la realización de las labores implicadas en los procesos proporcionando identificar cada una de las fases del mismo, para su especial entendimiento.

### **2.4.3 Validez y Confiabilidad**

**Validez:** La aprobación de siguiente indagación se formaría a través del estudio de comportamiento de los parámetros de degradación del aceite para mejorar la calidad de servicio de mantenimiento en la empresa Unimaq SA, considerando que para la vigente labor de indagación la

información adquirida es de tipo primario y secundario apoyándonos en datos logrados directamente de campo y datos conseguidos por terceros.

**Confiabilidad:** La actual indagación científica emplea herramientas para la investigación ya ratificados por autores que han elaborado análisis vinculados al contenido por consecuente se está emplazando a los autores agregando año de publicación y número de página de la cual se consigue la información mostrada.

## 2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.

En la vigente indagación se usó un estudio representativo de la evaluación del comportamiento de los parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Caterpillar del área de alquileres de la empresa UNIMAQ SA, siendo tramitados estos datos empleando el Excel, lo cual favoreció el análisis de demanda (mercado) y cooperaron a valorar finalmente la factibilidad técnico económico del análisis.

## 2.6 ASPECTOS ÉTICOS.

**Confidencialidad:** Toda la información obtenida de la Empresa Unimaq SA será tratada en total privacidad y usados exclusivamente para éste estudio.

**Derechos de autor:** Se obedecerá los Derechos de Autor, en función al Decreto Legislativo N. 822 – 1996, Ley sobre el derecho de Autor, imitando las aprobaciones y licencias respectivas para coger los elementos que serán empleados para la vigente indagación.

**Citaciones:** Toda clase de elemento en mención para ésta indagación será emplazada, imitando los estándares ISO 690 y 690-2 y APA 6ta Edición, correspondiente.

**Respeto:** Al realizar la comprobación en lugar de trabajo para evaluar motores diésel Caterpillar del área de alquileres de la empresa UNIMAQ SA, Cajamarca se obedecerá las políticas y reglas instaurados por la empresa, para los invitados.

**Dignidad y cordialidad:** Al realizar conversaciones con los trabajadores de planta, de supervisión y gerencias, se efectuará con absoluta deferencia al decoro de las personas, sin transgredir sus derechos y principios como individuo.



### III.- RESULTADOS.

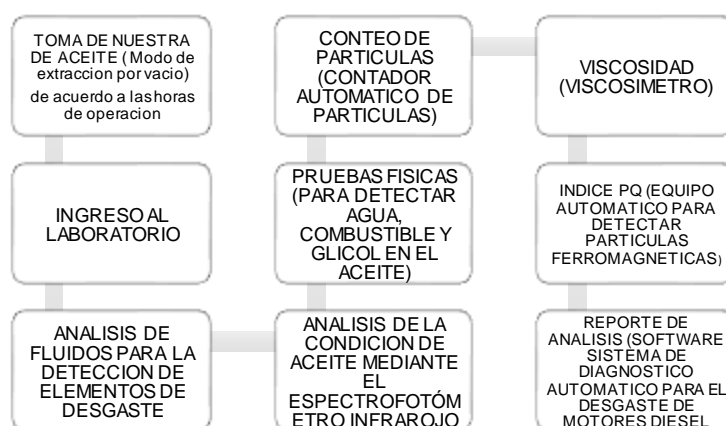
En el presente capítulo se pone en evidencia los resultados obtenidos en la investigación:

#### 3.1 Análisis situacional de UNIMAQ SA Cajamarca, con respecto a la gestión del área de mantenimiento de motores Diésel

La empresa UNIMAQ S.A. realiza evaluación de motores diésel de sus clientes, aplicando una técnica predictiva de análisis de aceite, la cual le permite determinar las propiedades físicas y químicas del aceite lubricante que es suministrado al motor, permitiendo identificar el estado del lubricante. Estos datos permiten a la empresa supervisar y hacer un seguimiento a los motores con respecto a su desgaste; para luego planificar y elaborar programas de lubricación y mantenimiento, como instrumento en la evaluación técnica en el mantenimiento de motores Diésel.

El área de mantenimiento de la empresa se ha planeado de manera efectiva, con el único propósito de conseguir el éxito, ya que es una obligación de toda empresa estar acorde a un mundo competitivo y moderno, donde se necesita que las empresas logren niveles altos de producción, de eficiencia y calidad. Y para esto la empresa se ha trazado objetivos como: trabajar y cumplir a cabalidad con la labor en el área, enfocándose en los procedimientos de mantenimiento; optimizar los recursos en el área, basado en la minimización de costos; optimización del tiempo y esfuerzo al momento de desarrollar el trabajo; Garantizar la seguridad laboral.

#### Proceso del análisis de aceite de motores diésel en la Empresa UNIMAQ S.A –Cajamarca



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 Parámetros de degradación del aceite lubricante en motores diésel Caterpillar del área de alquileres de la empresa UNIMAQ SA, Cajamarca.

Cuadro N° 1

REPORTE DE ANALISIS DE ACEITE		MUESTRA							
		1		2		3		4	
		HOROMETR O	500 HR	HOROMETR O	1059 HR	HOROMETR O	1975 HR	HOROMETR O	2904 HR
		HORA	300 HR	HORA	200 HR	HORA	250HR	HORA	250 HR
		FECHA MUESTREO	29/05/2015	FECHA MUESTREO	25/07/2015	FECHA MUESTREO	16/10/2015	FECHA MUESTREO	06/01/2016
	FECHA PROCESO	05/06/2015	FECHA PROCESO	11/08/2015	FECHA PROCESO	21/10/2015	FECHA PROCESO	02/02/2016	
MOTOR: CAT				MARCA/GRADO DE ACEITE: CAT/15W-40					
FABRICANTE: CATERPILLAR				MODELO: C.6.4					
ELEMENTO	PARÁMETRO	DATO				LIMITES			EVALUACION
		Línea base (LB)	Original				NAR	SEG	
			1	2	3	4			
De desgaste	Cu	2	1	2	1	2	<7	8 a 9	>9
	Fe	5	13	8	10	10	<37	38 a 45	>45
	Cr	1	1	1	1	1	<3	4 a 4	
	Al	2	1	3	4	3			
	Pb	2	1	0	0	0	<7	8 a 9	>9
	Sn	1	0	0	0	0			
	Si	2	6	7	9	9	<11	12 a 14	>14
	Na	1	2	1	1	1	<50	200	>200
	K		2	1	1	0			
	B		0	1	0	17			
	Mo		6	40	40	43			
	Ni	1	0	0	0	0			
	Ag		0	0	0	0			
	Ti		0	0	0	0			
	V	0	0	0	0	0			
	Mn		0	0	0	0			
	Cd		0	0	0	0			
	Ca		2153	1284	1555	1770			
Mg		354	1066	1052	886				
Zn		1301	1293	1309	1353				
P		1023	1067	1081	1124				
Ba		0	0	0	1				
De condición de aceite	ST	0.02	1	4	3	1			
	OXI (ISO 4406:99)		14	11	11	12			
	NIT (ISO 4406:99)		6	5	5	5			
	SUL (ISO 4406:99)	0.78	24	19	19	19	0.29		
	W	0.2	N	N	N	N	0.25		
	A		N	N	N	N			
	F		N	N	N	N			
	V100 (cSt)	16.3	12.9	13	13.2	13.1	21.61		
PQI		37	38	40	38				

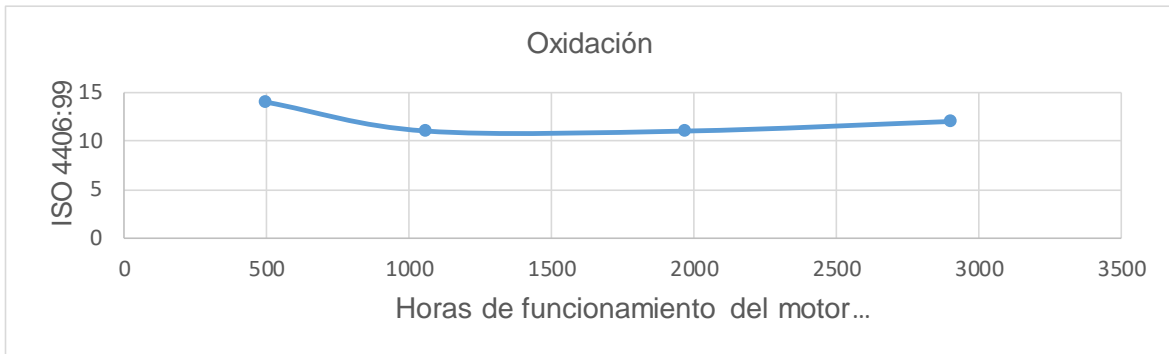
Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, S - Sulphur, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de limpieza, PVI = Indicador de Volumen de Partículas, PQI = Índice de Cuantificador de Partícula, NaW = Agua salada, FL Pt = Punto álgido, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a100C, V40 = Viscosidad a 40C, VI = Índice de Viscosidad.

#### Cuadro 1: Motor CAT C 6.4

Fuente: UNIMAQ SA, Cajamarca Ferreyros

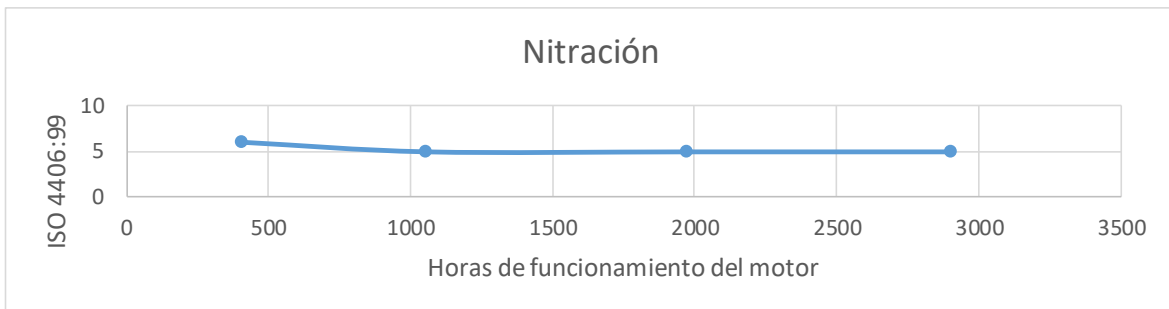
### 3.3 Determinar el Comportamiento fisicoquímico del aceite.

Unidad N° 1



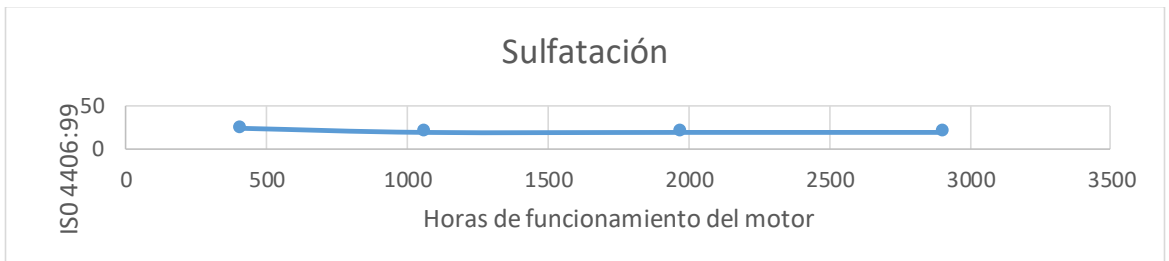
**Gráfica 3:** Valores obtenidos de oxidación

**Fuente:** Cuadro 3



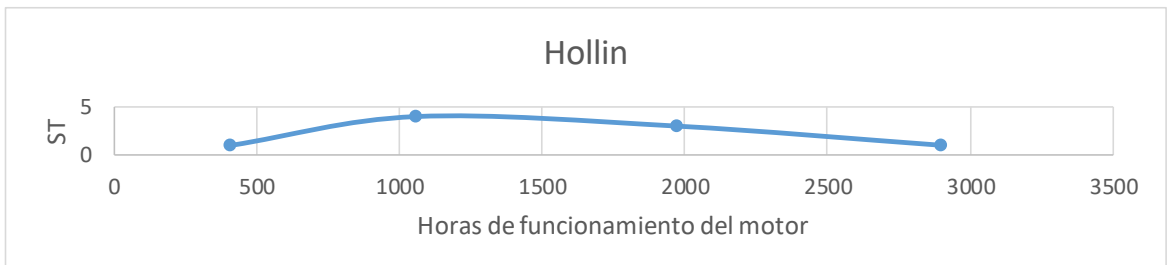
**Gráfica 4:** Valores obtenidos de nitración

**Fuente:** Cuadro 4



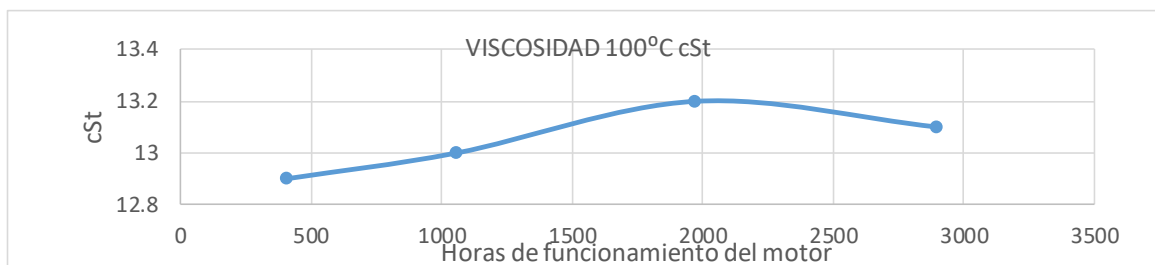
**Gráfica 5:** Valores obtenidos de sulfatación

**Fuente:** Cuadro 5



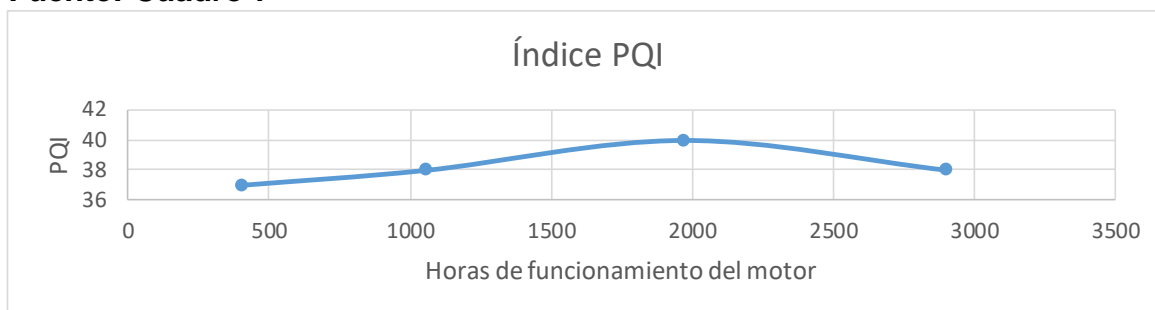
**Gráfica 6:** Valores obtenidos de Hollín

**Fuente:** Cuadro 6



**Gráfica 7:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt

**Fuente:** Cuadro 7



**Gráfica 8:** Valores obtenidos de PQI

**Fuente:** Cuadro 8

### 3.3.1. Análisis físico químico de los minerales

El aceite lubricante se degrada cuando empieza a ser utilizado; al abrir el envase permite el ingreso de aire; causando la oxidación del aceite, y esto se puede verificar en el color que toma el aceite en el transcurso del tiempo; la oxidación afecta la apariencia, más no el comportamiento del aceite. Al momento de realizar un cambio de aceite este se puede mezclar con aceite residual, esta mezcla no causa ningún daño químico

En nuestro estudio observamos que los niveles de calcio, Fosforo y zinc a inicio del estudio en la primera muestra son: 2153 ppm, 1023 ppm y 1301 ppm; pero estos valores bajan en la segunda muestra y luego tienen una tendencia creciente en las dos últimas muestras; como puede verificarse:

Mineral	Muestra			
	1	2	3	4
Calcio	2153	1284	1555	1770
Fosforo	1023	1067	1081	1124
Zinc	1301	1293	1309	1353

**Cuadro 2:** Valores Calcio, Fósforo y Zinc

**Fuente:** Cuadro 1

Esto demuestra claramente que el aceite se ha degradado; entonces podemos inferir que el aceite con el transcurso del tiempo tiende a degradarse.

### El calcio y el magnesio:

Mineral	Muestra			
	1	2	3	4
Calcio	2153	1284	1555	1770
Magnesio	354	1066	1052	886

#### **Cuadro 3:** Aditivos de degradación

**Fuente:** Cuadro 1

Son aditivos detergentes/dispersantes. Se utilizan para acometer el hollín, anular los ácidos generados por la higrometría en la ignición, sostener los contaminantes y lógamo que puede arribar al filtro, sin permitir que se amontonen, ni que se peguen en áreas metálicas. El magnesio al quemarse genera el 45% más cenizas, provocando problemas en las válvulas y tanques en el motor. Esta es razón por la que siempre se encuentra calcio o una aleación con al menos 30% del detergente/dispersante en forma de magnesio.

### El Zinc y Fósforo:

Mineral	Muestra			
	1	2	3	4
Zinc	1301	1293	1309	1353
Fosforo	1023	1067	1081	1124

#### **Cuadro 4:** Minerales

**Fuente:** Cuadro 1

El zinc y el fósforo, proporcionan protección anti desgaste, formando una gran capa de sulfato de hierro que recubre el exterior de las piezas.

### Molibdeno:

Mineral	Muestra			
	1	2	3	4
Molibdeno	6	40	40	43

#### **Cuadro 5:** Minerales

**Fuente:** Cuadro 1

Existen lubricantes para motor que tienen di sulfuro de molibdeno para la reducción del desgaste a elevada temperatura y presión. En estas fórmulas el molibdeno interactúa con el ZDDP dando máxima protección.

### Boro:

Mineral	Muestra			
	1	2	3	4
Boro	0	1	0	17

#### **Cuadro 6:** Minerales

**Fuente:** Cuadro 1

En algunas fórmulas el Boro se utiliza como un aditivo que permite modificar la fricción, convirtiéndose en un aditivo anti desgaste.

### 3.3.2 Medición del nivel de contaminación del aceite.

Metales	Normal	Valores reales (muestra)				Comentarios
		1	2	3	4	
Hierro (Fe)	5 A 50 ppm	13	8	10	10	No existe mayor deterioro de lo admisible.
Plomo (Pb)	2 a 10 ppm	1	0	0	0	Mayor a 10 ppm apunta un motor inactivo cuantioso tiempo, polución, oleo muy tenue u oleo muy viscoso.
Cobre (Cu)	2 a 5 ppm	1	2	1	2	Motores con enfriadores pueden poseer más riesgo, motivo de tomar precaución.
Cromo (Cr)	1 a 8 ppm	1	1	1	1	Elevado índice de cromo habitualmente procede de crecido índice de hollín o tierra limando los segmentos y el eje de levas.
Aluminio (Al)	2 a 15 ppm	1	3	4	3	Comúnmente es 30% de la medida del silicio. Una dimensión por encima es alarmante.
Níquel (Ni)	1 a 2 ppm	0	0	0	0	Elevado índice de níquel normalmente muestra alta polución de Hollín y tierra.
Plata (Ag)	0	0	0	0	0	Se encuentra en proporción pequeña en los cojinetes.
Estaño (Sn)	1 a 2 ppm	0	0	0	0	Trabajo del motor en mínimas rpm con demanda provoca el deterioro de los cojinetes.
Sodio (Na)	0 a 10 ppm	2	1	1	1	Elevada porción de sodio señala un ingreso de refrigerante del radiador, o talvez se opere próximo al mar o un salar. El Sodio es muy destructivo.
Silicio (Si)	5 a 10 ppm	6	7	9	9	Motores modernos o reparados suelen poseer un cambio o dos con índices superiores. Luego, todo es tierra ingresando para limar las partes. El silicio es el adversario N°1 del motor.
Hollín	0 a 2%	1	4	3	1	Debido a índices anti económicos por el elevado dispendio de comburente e insuficiente explotación para la transformación a potencia. El Hollín es el adversario N°2 para el motor.

**Cuadro 7: Minerales**

**Fuente: Cuadro 1**

**3.4 Determinar como el servicio de análisis de aceite lubricante contribuye como una herramienta en la gestión de mantenimiento de maquinaria y equipos con motores diésel.**

Tipos de mantenimiento realizado según la frecuencia		
TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	CONTENIDO
PM1	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo , cambio de filtros de aire.
PM2	500	PM1+cambio de filtros hidráulicos, cambio de filtros de transmisión.
PM3	1000	PM1+PM2+cambio de aceite de transmisión , cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de tornamesa.
PM4	2000	PM1+PM2+PM3+ cambio de aceite hidráulico , cambio de aceite de diferencial, calibración de válvulas de motor.

**Cuadro 8:** Tipos de mantenimiento

**Fuente:** Cuadro 1

En el cuadro N° 08 de se indica los tipos de mantenimiento con su respectiva frecuencia de cambio, que actualmente se encuentra estandarizado para el mantenimiento de maquinaria y equipos con motores diésel.

BENEFICIO APORTADO POR EL SERVICIO DE ANALISIS DE ACEITE EN LA GESTION DEL MANTENIMIENTO DE MOTORES DIESEL DURANTE EL PERIODO DE 01 AÑO POR MAQUINA						
ITEM	DESCRIPCION	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	CANTIDAD DE MANTENIMIENTO PM1 EN UN AÑO X MAQUINA	COSTO UNITARIO (S/.) DE CADA MANTTO TIPO PM1	COSTO TOTAL (S/.) X MAQUINA EN UN AÑO
1	MANTENIMIENTO ACTUAL CON FRECUENCIA CADA 250 HORAS	PM1	250 HRS	24	1611.3	38671.2
2	MANTENIMIENTO POR CAMBIO OPTIMO DE FRECUENCIA CADA 300 HORAS	PM2	300 HRS	20	1611.3	32226
					AHORRO ECONOMICO EN DOS AÑOS PARA CADA MAQUINA	S/.,6,445

**Cuadro 9:** Beneficio económico por maquina

**Fuente:** Elaboración Propia

En el cuadro N° 09, se ha calculado el beneficio económico en un año para una máquina, teniendo en cuenta el cambio de frecuencia debido a que los resultados de los análisis de aceite indican que hasta un periodo de 300 horas del lubricante de motor se puede realizar el cambio, siendo entonces que por la aplicación del

servicio de análisis de aceite en la gestión del mantenimiento una maquina se ha obtenido un ahorro económico de S/.6445.2, durante un periodo de un año.

CALCULO ECONOMICO AL APLICAR EL SERVICIO DE ANALISIS DE ACEITE EN LA GESTION DEL MANTENIMIENTO			
EN UNA FLOTA DE 40 MAQUINAS PARA PERIODOS DE 01 Y 05 AÑOS			
NUMERO DE EQUIPOS DE LA FLOTA	AHORRO ECONOMICO X EQUIPO EN UN AÑO	AHORRO ECONOMICO X FLOTA EN UN AÑO	AHORRO ECONOMICO X FLOTA EN UN PERIODO DE 05 AÑOS
40	S/.6,445	S/.257,800	S/.1,289,000

**Cuadro 10:** Beneficio económico por flota periodos de un año y 05 años.

**Fuente:** Elaboración Propia

En el cuadro N° 10 se ha determinado que, por la aplicación del servicio de análisis de aceite en la gestión de mantenimiento de flotas, en este caso compuesta de 40 unidades, se han obtenido ahorros económicos de S/ 257, 800.00 para el periodo de 01 año y un ahorro económico de S/. 1 289 000.00 para un periodo de 05 años, lo cual hace que este tipo de mantenimiento predictivo sirva como una importante herramienta de gestión de mantenimiento para los clientes de la empresa UNIMAQ-Cajamarca.

### **REALIZAR EVALUACION TECNICA ECONOMICA**

Como parte de la determinación del aporte del servicio de análisis de aceite como herramienta de gestión, se efectuó una evaluación económica-financiera para percibir si es factible la aplicación de esta valiosa herramienta con la que cuenta el, mantenimiento, ya que si no se lleva a cabo la ejecución puede resultar en costes innecesarios, reparaciones prematuras; etc.

<b>VALOR ACTUAL NETO - VAN</b>	<b>S/. 94,319.64</b>	
<b>TASA INTERNO DE RETORNO - TIR</b>	<b>38%</b>	
<b>PERIODO</b>	<b>FLUJO DE CAJA INCREMENTAL</b>	<b>FLUJO ACUMULADO</b>
<b>AÑO 1</b>	<b>S/. 48,112.00</b>	<b>S/. 48,112.00</b>
<b>AÑO 2</b>	<b>S/. 52,923.20</b>	<b>S/. 101,035.20</b>
<b>AÑO 3</b>	<b>S/. 57,734.40</b>	<b>S/. 158,769.60</b>
<b>AÑO 4</b>	<b>S/. 62,545.60</b>	<b>S/. 221,315.20</b>
<b>AÑO 5</b>	<b>S/. 67,517.96</b>	
<b>SUMATORIA DE FLUJOS ANUALES</b>	<b>S/. 209,782.04</b>	
<b>INVERSION</b>	<b>S/. 115,462.40</b>	
<b>VALOR ACTUAL NETO - VAN</b>	<b>S/. 94,319.64</b>	
<b>TASA INTERNO DE RETORNO - TIR</b>	<b>38%</b>	



#### IV.- DISCUSIÓN

Los resultados de las muestras procesadas en esta investigación es de completa seguridad, debido a que los estudios se efectuaron en el laboratorio de la compañía UNIMAQ S.A –Cajamarca, que cuenta con equipos de análisis de aceite modernos y de última generación, después de ser estudiados los efectos de los análisis del aceite se informa como alerta a la viscosidad, oxidación y sulfatación para cada motor indicando en que valores se encuentran los parámetros de la condición del aceite permitiendo conocer los valores óptimos de frecuencia de cambio del aceite de motor o en algunos casos los resultados que se encuentran afuera del valor específico para la sentencia del aceite que reducirían la subsistencia del motor, incurriendo en gastos excesivos de mantenimiento o lo que se conoce como una mala gestión del mantenimiento de los equipos.

En el caso de la oxidación, sulfatación y viscosidad del aceite con 250 horas de operación no rebasa el termino de castigo, es por ello que la permuta de 7.2 galones de aceite fresco SAE 15W 40, en la contaminación se calculó, siendo aceptable el silicio con cabida menor a los términos de sentencia estipulados por el fabricante del motor, la entrada de tierra en los casos evaluados están dentro de los parámetros establecidos debido a que los filtros se han encontrado en buen estado no habiéndose presentado fallas que perjudiquen el sistema de admisión de aire al motor, el hollín permanece en situación óptima dentro de los parámetros de advertencia por lo que en el caso evaluado no ha contribuido al deterioro de las partes del motor

PARÁMETROS DE OXIDACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	29/05/15	200	500	300	14
0002	25/07/15	859	1059	200	11
0003	16/10/15	1725	1975	250	11
0004	06/01/16	2654	2904	250	12

De las muestras procesadas , también se apreció que existe un incremento progresivo de la oxidación a partir de la segunda muestra y conforme se incrementa el número de horas; esto quiere decir que las consecuencias que pueden generar la degradación, es la contaminación debido a la creación de esmalte y barnices; el desgaste de los aditivos; y el incremento audaz del deterioro; convirtiéndose en una advertencia para las componentes, ya que reduce la capacidad y la vida útil de estas, debido a que el aceite lubricante pierde sus propiedades físicas-química. Estos resultados ocurren porque se realiza la mezcla de aceite a diferentes grados, extenuación de aditivos antioxidantes, degeneración de la base lubricante, la variación de temperatura en el sistema de enfriamiento.

PARÁMETROS DE NITRACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	29/05/15	200	500	300	6
0002	25/07/15	859	1059	200	5
0003	16/10/15	1725	1975	250	5
0004	06/01/16	2654	2904	250	5

La nitración es una condición indeseable que indica que el aceite se está saturando con compuestos de óxido de nitrógeno solubles y / o insolubles. La reacción del nitrógeno con el aceite de base forma dos tipos de nitrógeno: nitratos orgánicos, que son el resultado de una reacción en las paredes del cilindro, y compuestos nitro, que son causados por un proceso de soplado por la que el gas reacciona con el aceite en el sumidero. Son independientes de los oxi-productos que conducen a la oxidación del aceite, que es otra forma de degradación del aceite. En este caso de las muestras procesadas se observa que no hay diferencia en la cantidades de nitración con respecto al incremento de horas, el aumento avanzado de la nitración acarrea el acabamiento de la provisión alcalina (BN) y la degeneración por perjuicio de sus cualidades físicas- químicas del aceite, ocasionando un deterioro precipitado reduciendo la subsistencia del motor si no se contrasta desencadenar en la obturación del filtro desencadenando en dilemas embarazoso por un defectuoso filtrado del aceite.

PARÁMETROS DE VISCOSIDAD 100°C cSt					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	29/05/15	200	500	300	12.9
0002	25/07/15	859	1059	200	13
0003	16/10/15	1725	1975	250	13.2
0004	06/01/16	2654	2904	250	13.1

Las tres primeras muestras presentan una aminoración avanzada de la viscosidad en proporción de la cantidad de horas de trabajo del motor. El efecto es necesariamente a la dilución con aceite de escasa viscosidad, polución por comburente, destrozo de polímeros por cizallamiento, cizallamiento o rotura del aceite raíz. Esta situación se presenta como resultado de la reducción del amparo de las áreas metálicas y por consecuente un aumento del deterioro de las piezas. La frontera superior de observación compete a 13,2 cSt y la frontera inferior de observación 12,9 cSt.

El triunfo en su utilidad de la estimación del estudio del aceite para nuestro caso , obedece en ejecutar variación en la premeditación con el aumento de los intervalos de mantenimiento a 300 horas de trabajo, el mantenimiento conforme al fabricante es de 250 horas de trabajo al sistema de lubricación, para colocar el crecimiento del monitoreo de situación y el dictamen a cargo de los conocedores, y comprobar el deterioro precipitado de los diversos dispositivos del motor y la polución por distintos componentes interiores como exteriores y alargar la subsistencia del motor. Un aspecto importante a considerar son los hábitos de operación de las máquinas y equipos, ya que cuando se acuerda del acontecimiento que al motor se coloca en funcionamiento después de un periodo notable, el aceite se deposita en el sumidero y se resfría. Por eso su viscosidad aumenta, es necesario estimular progresivamente y no obligar la carrera del motor para que logre su temperatura perfecta de operación. Bajo esta apreciación, avalamos que el aceite debería llegar a su temperatura de operación generando su laminilla de lubricación en el total de elementos, asimismo la presión de aceite es la adecuada y los componentes están ahora resguardados por la viscosidad del aceite.

## V.- CONCLUSIONES

1. En UNIMAQ SA Cajamarca, se hace una evaluación exhaustiva del motor con respecto al lubricante suministrado, mediante un procedimiento establecido donde se expresa cuáles son las nueve fases que prosigue la muestra de aceite después de realizar la extracción en el motor; además nos muestra el estado respecto a las políticas de mantenimiento que aplica la empresa permitiendo conocer el estado de degradación y los elementos físicos del aceite que reducen la vida útil del motor.
2. El laboratorio SOS dictamina que son 22 elementos de desgaste que logra identificar a través del análisis físico-químico del aceite lubricante; dentro de los cuales están el silicio, plomo, hierro, cadmio, boro, magnesio, sodio, calcio, cromo, cobre; etc. Cuyo índice medido mostrara el grado de contaminación del aceite lubricante, la procedencia de dichos elementos contaminantes, principales fuentes de contaminación, y sobre todo informara de manera indirecta del estado técnico de los componentes internos del motor, cuya cantidad de elementos de desgaste descrita líneas arriba es la necesaria para poder emitir un dictamen sobre el estado técnico de los motores Caterpillar. **(ver anexo 21)**
3. El aceite lubricante sufre alteraciones cuando es utilizado; producto de la interacción con los productos residuales de la combustión bajo los cuales se encuentra sometido, como temperaturas elevadas, presencia de hollín, azufre, etc. Por ello al aplicar técnicas para determinar la condición del aceite como: la oxidación, nitración, sulfatación, azufre, permite aseverar sobre el estado real del aceite y verificar el grado de contaminación a nivel molecular, ya que, si existe contaminación alguna los aditivos detergentes, dispersantes e inhibidores de corrosión se van a ver notablemente reducidos. Gracias a la condición del aceite se puede determinar si el intervalo de mantenimiento es el adecuado o si lo han realizado bajo los estándares establecidos por el fabricante o distribuidor, de lo contrario se estaría incurriendo en negligencia y en reparaciones prematuras debido a un mal desarrollo de un plan de mantenimiento predictivo.

4. Realizando empleo de aplicación análisis aceite como herramienta en la gestión del mantenimiento, que no solo contribuye en un ahorro económico anual de S/. 6445.00 por cada máquina y para una flota de 40 unidades se obtuvo un ahorro económico anual de S/. 205, 497.60 y S/. 1027488.00 como ahorro económico para un periodo de 05 años. Si no que reduce la emisión de gases contaminantes hacia la atmosfera; lo mismo que como consecuencia del resultado de la condición del aceite se variara la frecuencia del cambio del aceite lubricante, incrementando el intervalo de mantenimiento de 250 horas a 300 horas, ya que durante este periodo se logró detectar que el aceite no sufre una degradación fuera del parámetro, por ende, se reduce la cantidad de mantenimientos de 24 a 20 por año.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Teniendo en cuenta que en la evaluación del servicio de análisis de aceite brindado por parte de UNIMAQ S.A a sus clientes a permitido obtener ahorros económicos significativos para sus equipos , se recomienda a la alta Dirección de UNIMAQ S.A que se programen y ejecuten charlas de capacitación que permitan difundir este servicio con potenciales clientes, pues en Cajamarca existen propietarios de flotas con importantes número de unidades de maquinaria y equipos con motores diésel que aún no están siendo atendidos con este mantenimiento predictivo y que les permitirá gestionar el mantenimiento de sus equipos con éxito.

El servicio de análisis de aceite también permite una estimación y aptitud de los empleados que realizan las restauraciones de motores, condicionándolo a progresar previniendo omisiones e inadvertencias; entonces la Empresa UNIMAQ S.A, debe implantar una capacitación continua a sus técnicos mecánicos para mantenerlos actualizados con la tendencia tecnológica en mantenimiento predictivo de motores diésel.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARBAIZA, Lydia. Como Elaborar una Tesis de Grado. Esan Ediciones. Perú, 2014.328pp. ISBN: 978-612-4110-34-4.
- ALVAREZ, Jesús y CALLEJON, Ismael. Maquinas Térmicas Motoras. Editorial Alfaomega. México, 2005.533pp. ISBN: 84-8301-644-3.
- AREVALO, David. Propuesta de mejora para el mantenimiento del equipo pesado de la constructora COANDES S.A. Basado en un análisis de aceite usado en los motores de combustión interna diésel, Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, Ecuador, 2015.210pp.
- AZAÑERO, Jhanssen y POMA, David. Estudio De Pre - Factibilidad Para La Implementación De Un Laboratorio De Análisis De Lubricantes En El Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú., 2013.184pp.
- CASCAJOSA, Manuel. Ingeniería de Vehículos sistemas y cálculos. Editorial Alfaomega. México, 2005.282pp
- CASANOVA, Rubén y BARRERA, Oscar. Logística y Comunicación en un taller de vehículos. Segunda edición. Editorial Paraninfo. España, 2011.367pp. ISBN: 978-84-9732-845-6.
- CEAC. Manual del Automóvil. Grupo Editorial Ceac.España, 2003.959pp. ISBN: 84-329-1539-4.
- CEDILLO, Ángel y Jaramillo Darly. Estudio de incidencia del uso de filtros de aceite alternos en el envejecimiento prematuro del aceite del motor de combustión interna. Escuela Politécnica Salesiana. Sede Cuenca. Ecuador, 2014.188pp.
- DE ABREU, Carolyn. Estudio De Factibilidad Técnico Económico Para la implementación de un Laboratorio de tribología aplicada con Características Comerciales en las Instalaciones de la Universidad Metropolitana. Universidad Metropolitana de Caracas. Venezuela, 2006.172pp
- DELGADO, Juan, SALDIVIA, Francisco y FYGUEROA, Simón. Sistema para la determinación de la degradación del lubricante basado en el tratamiento digital de mancha de aceite de motores. Revista UIS Ingenierías Vol.13, n1, 2013.07pp
- DONAYRE, Enzo. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación, Peru.2014.154pp.
- FERRER, Julián y DOMINGUEZ, Esteban. Técnicas de mecanizado para el mantenimiento de vehículos. Séptima edición. Editorial Editex S.A. España, 2008.311pp.

ISBN: 978-84-9771-201-9

- GARCÍA, Santiago. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos S.A. España, 2003.321pp. ISBN: 84-7978-548-9.
- GOMEZ, Yesid. Contribución al desarrollo y mejora para la cuantificación de la degradación en aceites lubricantes usados de MCI a través de la técnica de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Valencia, 2013.265pp.
- JOVAJ, M. Motores de Automóvil. Editorial MIR de Moscú, Rusia, 1982.328pp.
- LUQUE, Pablo, ALVAREZ, Daniel y VERA, Carlos. Ingeniería del Automóvil sistemas y comportamiento dinámico. Editorial Paraninfo. España, 2008.448pp.
- MONTES, María, MUÑOZ, Marta y ROVIRA, Antonio. Ingeniería Térmica. Editorial UNED. España, 2014. 524pp.
- OBERT, Edward. Motores de Combustión interna Análisis y Aplicaciones. Editorial Cecsca. México, 1999.380pp.
- PAYRI, F y DESANTES, M. Motores de Combustión Interna Alternativos. Editorial Reverte, Universidad Politécnica de Valencia España, 2011.1016pp.
- SEYMOR, Jesse. El laboratorio del Ingeniero Mecánico. Editorial Hispano Americana S.A., Buenos Aires, 1962.374pp.
- TORMOS, Bernardo. Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis de aceite usado. Editorial Reverte. España, 2013.373pp.
- VACIAN, Vicente, PEIDRO, Jorge, TORMOS, Bernardo y OLMEDA, Pablo. Mantenimiento de Motores diésel. Editorial Alfa omega. España, 2005.161pp.  
ISBN: 84-9705-131-9
- VALDERRAMA, Andrés y LOPEZ, William. Diagnóstico Técnico De Motores Diésel Mediante El Análisis Estadístico Del Aceite Lubricante, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2001.30pp.
- VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Segunda edición. Editorial san Marcos. Perú, 2015.495pp.  
ISBN: 978-612-302-878-7.
- VITERI, Luis y JARAMILLO, Juan. Análisis De La Degradación De Aceites Lubricantes Y Propuesta De Planes De Mejora Para El Mantenimiento Del Equipo Pesado Del Ilustre Municipio Del Cantón Archidona, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo,2011.186pp.



**VIII ANEXOS**  
**ANEXO 01**

**Tabla 01**

**TABLA 1. Clasificación de los aceites lubricantes monógrados para motor, por su viscosidad (Basada en norma SAE J300)**

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Dinámica máxima a temperatura mínima (mPa·s a °C)		Viscosidad Cinemática a 100°C (m <sup>2</sup> /s)	
	Arranque	Bombeo	Mín.	Máx.
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8 · 10 <sup>-6</sup>	
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8 · 10 <sup>-6</sup>	
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1 · 10 <sup>-6</sup>	
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6 · 10 <sup>-6</sup>	
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6 · 10 <sup>-6</sup>	
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3 · 10 <sup>-6</sup>	
20			5,6 · 10 <sup>-6</sup>	< 9,3 · 10 <sup>-6</sup>
30			9,3 · 10 <sup>-6</sup>	< 12,5 · 10 <sup>-6</sup>
40			12,5 · 10 <sup>-6</sup>	< 16,3 · 10 <sup>-6</sup>
50			16,3 · 10 <sup>-6</sup>	< 21,9 · 10 <sup>-6</sup>
60			21,9 · 10 <sup>-6</sup>	< 26,1 · 10 <sup>-6</sup>

Fuente: NTE INEN 2030 (2011)

**ANEXO 02**

**TABLA 02**

**TABLA 2. Clasificación de los aceites lubricantes multigrados para motor, por su viscosidad cinemática**

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad CINEMÁTICA a 100°C (m <sup>2</sup> /s)	
	Mín.	Máx.
0W20	5,6 · 10 <sup>-6</sup>	9,3 · 10 <sup>-6</sup>
0W30	9,3 · 10 <sup>-6</sup>	12,5 · 10 <sup>-6</sup>
0W40	12,5 · 10 <sup>-6</sup>	16,3 · 10 <sup>-6</sup>
5W20	5,6 · 10 <sup>-6</sup>	9,3 · 10 <sup>-6</sup>
5W30	9,3 · 10 <sup>-6</sup>	12,5 · 10 <sup>-6</sup>
5W40	12,5 · 10 <sup>-6</sup>	16,3 · 10 <sup>-6</sup>
5W 50	16,3 · 10 <sup>-6</sup>	21,9 · 10 <sup>-6</sup>
10W 30	9,3 · 10 <sup>-6</sup>	12,5 · 10 <sup>-6</sup>
10W40	12,5 · 10 <sup>-6</sup>	16,3 · 10 <sup>-6</sup>
15W 40	12,5 · 10 <sup>-6</sup>	16,3 · 10 <sup>-6</sup>
15W 50	16,3 · 10 <sup>-6</sup>	21,9 · 10 <sup>-6</sup>
20W 20	5,6 · 10 <sup>-6</sup>	9,3 · 10 <sup>-6</sup>
20W 30	9,3 · 10 <sup>-6</sup>	12,5 · 10 <sup>-6</sup>
20W 40	12,5 · 10 <sup>-6</sup>	16,3 · 10 <sup>-6</sup>
20W 50	16,3 · 10 <sup>-6</sup>	21,9 · 10 <sup>-6</sup>
25W50	16,3 · 10 <sup>-6</sup>	21,9 · 10 <sup>-6</sup>
25W60	21,9 · 10 <sup>-6</sup>	26,1 · 10 <sup>-6</sup>

Fuente: NTE INEN 2030 (2011)

## Anexo 03

### Tabla 03

**TABLA 3. Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de diesel**

<b>CATEGORIA</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>ESTADO</b>
CF	Se introdujo en el año 1994. Están destinados a motores todo terreno, de inyección indirecta y otros motores diesel incluyendo aquellos que utilizan combustible con contenido de azufre superior a 0,5% en peso.	Vigente
CF-4	Se introdujo en el año 1990. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbocargados.	Vigente
CG-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión del año 1994. Están destinados a motores de trabajo intenso, de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre menor de 0,5% en peso.	Vigente
CH-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 1998. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 0,5% en peso.	Vigente
CI-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 2004. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 0,5% en peso. Algunos aceites CI-4 también pueden calificar para la designación CI-4 PLUS.	Vigente
CJ-4	Para motores que cumplen con las normas de emisión de gases de escape del año 2007. Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre hasta 500 mg/kg (0,05% en peso). Sin embargo, al utilizar aceite CJ-4 con combustible que contenga más de 15 mg/kg de azufre, consulte al fabricante del motor para el intervalo de servicio.	Vigente

**Fuente:** NTE INEN 2030 (2011)

## Anexo 04

### **CÓMO TOMAR UNA BUENA MUESTRA DE ACEITE**

#### **Usando una sonda de válvulas de aceite**

Este método de tomar muestras requiere una Sonda de Latón 8T9208 y un tubo de aproximadamente 15 cm (6 pulg). Si va a tomar muestras de varios compartimientos, comience por el sistema más limpio generalmente el sistema hidráulico, siga con la transmisión o el sistema de dirección y finalmente el sistema del motor. Utilice un trozo de tubo nuevo para cada máquina o motor. Después de tomar muestras de aceite del motor, es de suma importancia descartar el tubo debido a la posibilidad de que el hollín y los aditivos del aceite queden depositados en el tubo y contaminen otras muestras.

#### **Paso A**

Haga funcionar el motor a velocidad baja en vacío y quite la tapa contra el polvo de la válvula del compartimiento en que va a tomar la muestra.



#### **Paso B**

Inserte la sonda en la válvula y recoja aprox. 100 ml (4 oz líquidas) de aceite en un recipiente para basura. Si el flujo de aceite es muy lento a Baja en vacío, puede ser necesario que alguien acelere la velocidad del motor hasta alta en vacío mientras extrae la muestra de aceite. Deseche debidamente este aceite. (Este proceso limpia la válvula y ayuda a obtener con mayor seguridad una muestra que represente el estado en que se encuentra el aceite).



### **Paso C**

Vuelva a insertar la sonda en la válvula y llene tres cuartas partes de la botella para muestras. No la llene completamente. No permita la entrada de suciedad en la botella ni en la tapa.



### **Paso D**

Saque la sonda de la válvula y asegure la tapa a la botella. Luego ponga la botella con la etiqueta debidamente llenada en el tubo de envío.

### **Evitando la contaminación**

Para evitar la contaminación, no tome muestras de la corriente de drenaje de aceite, de un recipiente de aceite de desecho ni de un filtro usado.



## **Cómo asegurar resultados precisos del Programa S•O•S Llene la etiqueta correctamente**

Para asegurar resultados precisos de la muestra, anote toda la información solicitada para cada compartimiento de la máquina. El modelo, número de serie y las unidades del medidor de servicio tanto del equipo como del aceite son muy importantes. Si es necesario, puede obtener la información sobre la clasificación y el tipo de aceite y la lectura del medidor de servicio de los registros del taller cuando efectuaron el último cambio de aceite. También es de importancia primordial indicar si cambió (o no cambió) el aceite al tomar la muestra. Las muestras de aceite nuevo son necesarias para analizar las condiciones en que se encuentra el aceite. Al recibir aceite de una marca nueva o un envío de aceite en gran volumen, envíe una muestra indicando en la etiqueta el tipo, la marca y la clasificación del aceite.

Para evitar que la etiqueta se engrase y facilitar su lectura, llénela con la información antes de tomar las muestras.

### **CÓMO TOMAR UNA BUENA MUESTRA DE ACEITE**

#### **Usando el método de extracción por vacío**

Este método para tomar muestras requiere una Bomba de Vacío 1U5718 (o una similar). Utilice este método para los sistemas bajo presión que no están equipados con válvulas para tomar muestras. Recalcamos la importancia de utilizar un nuevo trozo de tubo después de tomar muestras de aceite del motor, debido a la posibilidad de que el hollín y los aditivos del aceite queden depositados en el tubo y contaminen otras muestras.

#### **Paso A**

Apague el motor, mida el tubo nuevo y córtelo del largo de la varilla indicadora de nivel. Si el compartimiento de donde está tomando la muestra no tiene una varilla, corte el tubo de modo que llegue hasta la mitad de la profundidad del aceite.



### **Paso B**

Inserte el tubo por la cabeza de la bomba de vacío y apriete la tuerca de retención. El tubo debe sobresalir aproximadamente 4 cm (1 pulgada) de la base de la cabeza de la bomba de vacío.



### **Paso C**

Conecte una nueva botella de muestreo a la bomba de vacío e inserte el extremo del tubo en el aceite — no permita que el tubo toque el fondo del compartimiento.



### **Paso D**

Accione la manija de la bomba para crear un vacío. Mantenga la bomba en posición vertical — si la voltea se puede contaminar con el aceite. Si le entra aceite a la bomba, desármela y límpiela antes de tomar la muestra. Llene tres cuartas partes de la botella para muestras. No la llene completamente.



### **Paso E**

Saque el tubo del compartimiento. Saque la botella de la bomba de vacío y asegure la tapa a la botella. Luego ponga la botella con la etiqueta debidamente llenada en el tubo de envío.



### **Usando otra bomba para tomar muestras de refrigerante**

Para tomar muestras de refrigerante, no utilice la misma bomba que ha usado para extraer las muestras de aceite. A pesar de que el fluido no entra en el barril de la bomba, el residuo de glicol de una muestra de refrigerante puede causar “resultados positivos falsos” en las muestras de aceite que se tomen posteriormente con la misma bomba. Destine otra bomba para el muestreo del refrigerante.

**Anexo 05**

**TABLA 04**

<b>ANALISIS DE CONDICION DEL ACEITE</b>			
<b>ELEMENTOS</b>			
<b>HOLLIN</b>	<b>OXIDACION</b>	<b>NITRACION</b>	<b>SULFATACION</b>
Se sitúa en el aceite de motor, es resto insoluble deficientemente combustionado, puede obstruir filtros y condensar el aceite; condiciones de generación	Sucede cuando los átomos de oxígeno se mezclan químicamente con las moléculas de aceite. La oxidación origina que el aceite se densifique, genere ácidos orgánicos y obstruyan los filtros acarreando al atrancamiento de los anillos, creación de incrustaciones y esmaltes. Se produce debido a:	Acontecimiento común y considerable en los motores de GNV, si no hay control puede lograr la saturación del filtro, producir sedimentos en los émbolos, formación de esmaltes en las válvulas y émbolos. Este proceso es producido por:	El azufre, inmerso en la totalidad de comburentes es una amenaza para todos los elementos del motor; el azufre del petróleo se junta con el agua del sistema generando ácidos, convirtiéndose en amenaza para las válvulas, guías de válvulas, segmentos de émbolos y los cilindros. El control de ácidos es afectado por:

**Tabla 05**

<b>HOLLIN</b>	<b>OXIDACION</b>	<b>NITRACION</b>	<b>SULFATACION</b>
<b>Generado por</b>	<b>Generado por</b>	<b>Generado por</b>	<b>Generado por</b>
Filtro de aire cochino.	- Los agentes de oxidación en los gases de combustión de los motores diésel.	- Los compuestos del nitrógeno, provenientes del proceso de combustión.	- Combustibles con alto contenido de azufre
- Sobreesfuerzo del motor	- Altas temperaturas.		- Humedad
- Marcha en vacío excesiva	- Presencia de cobre.		- Temperaturas de ambiente
- Temperaturas frías del motor	- Contaminación de glicol debido al refrigerante del motor.		- Temperaturas de combustión
- Combustible de baja calidad	- Intervalos prolongados de aceite.		- Cantidades máximas de aceite o ningún aceite
- Aceleración excesiva / rápida			- Niveles de BN (Base Number o Número de Base)
- Paso de gases de los pistones al cárter.			
- Operación deficiente del inyector de combustible.			



## ANEXO 06

### PRUEBAS ESTADISTICAS PARA DETERMINAR EL NUMERO DE MUESTRA

**Tabla 6**

Prueba de diferencia de medias

Máquina	Oxidación	Nitración	Sulfatación	Hollín	Viscosidad	PQI
GEP 110_OLYMPIAN	17,00	8,00	21,00	0,00	14,00	42,00
320DL	14,00	6,00	22,00	27,00	13,10	39,00
GEP44.5_OLYMPIAN	29,00	12,00	24,00	,00	13,20	38,00
320D	13,00	6,00	18,00	22,00	13,50	38,00
GEP 110_OLYMPIAN	18,00	8,00	22,00	,00	14,10	44,00
320DL	14,00	7,00	22,00	55,00	13,90	37,00
GEP44.5_OLYMPIAN	24,00	10,00	22,00	,00	13,20	35,00
320D	14,00	6,00	19,00	24,00	13,30	39,00
GEP 110_OLYMPIAN	20,00	9,00	24,00	,00	14,40	43,00
320DL	14,00	7,00	22,00	64,00	13,80	40,00
GEP445_OLYMPIAN	119,00	114,00	51,00	7,00	14,10	47,00
320D	13,00	6,00	21,00	21,00	13,00	46,00
GEP 110_OLYMPIAN	18,00	8,00	24,00	,00	14,50	43,00
320DL	15,00	7,00	22,00	48,00	13,50	25,00
GEP445_OLYMPIAN	53,00	67,00	31,00	,00	13,60	43,00
320D	13,00	6,00	19,00	14,00	13,00	44,00

**Fuente:** IBM SPSS Estatistics 20.0

**Elaboración:** Propia

## Análisis de varianza

**Tabla 2**

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Oxidación

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5099,000 <sup>a</sup>	3	1699,667	3,555	,048
Intersección	10404,000	1	10404,000	21,762	,001
Máquina	5099,000	3	1699,667	3,555	,058
Error	5737,000	12	478,083		
Total	21240,000	16			
Total corregida	10836,000	15			

a. R cuadrado = ,471 (R cuadrado corregida = ,338)

**Fuente:** IBM SPSS Statistics 20.0

**Elaboración:** Propia

**Tabla 3**

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Nitración

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5752,687 <sup>a</sup>	3	1917,562	3,098	,067
Intersección	5148,063	1	5148,063	8,316	,014
Máquina	5752,687	3	1917,562	3,098	,067
Error	7428,250	12	619,021		
Total	18329,000	16			
Total corregida	13180,937	15			

a. R cuadrado = ,436 (R cuadrado corregida = ,296)

**Fuente:** IBM SPSS Statistics 20.0

**Elaboración:** Propia

**Tabla 4****Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Sulfatación

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	368,500 <sup>a</sup>	3	122,833	2,742	,089
Intersección	9216,000	1	9216,000	205,753	,000
Máquina	368,500	3	122,833	2,742	,089
Error	537,500	12	44,792		
Total	10122,000	16			
Total corregida	906,000	15			

a. R cuadrado = ,407 (R cuadrado corregida = ,258)

**Fuente:** IBM SPSS Statistics 20.0**Elaboración:** Propia**Tabla 5****Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Hollín

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	6147,083 <sup>a</sup>	10	614,708	3,927	,072
Intersección	3008,568	1	3008,568	19,220	,007
Máquina	456,333	1	456,333	2,915	,148
Máquina * Oxidación	,000	0	.	.	.
Error	782,667	5	156,533		
Total	11900,000	16			
Total corregida	6929,750	15			

a. R cuadrado = ,887 (R cuadrado corregida = ,661)

**Fuente:** IBM SPSS Statistics 20.0**Elaboración:** Propia

**Tabla 6****Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Viscosidad

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,333 <sup>a</sup>	3	,778	7,261	,005
Intersección	2975,703	1	2975,703	27788,661	,000
Máquina	2,333	3	,778	7,261	,066
Error	1,285	12	,107		
Total	2979,320	16			
Total corregida	3,618	15			

a. R cuadrado = ,645 (R cuadrado corregida = ,556)

**Fuente:** IBM SPSS Statistics 20.0**Elaboración:** Propia**Tabla 7****Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: PQI

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	140,187 <sup>a</sup>	3	46,729	2,030	,163
Intersección	25840,563	1	25840,563	1122,486	,000
Máquina	140,188	3	46,729	2,030	,163
Error	276,250	12	23,021		
Total	26257,000	16			
Total corregida	416,437	15			

a. R cuadrado = ,337 (R cuadrado corregida = ,171)

**Fuente:** IBM SPSS Statistics 20.0**Elaboración:** Propia

## ANEXO 07

### RESULTADOS DEL LABORATORIO DE FERREYROS

CLIENTE: PINTO PAICO JUAN JOSE  
 NÚMERO DE EQUIPO: 6CR00378  
 COMPONENTE: MOTOR  
 NÚMERO DE SERIE: 6CR01379  
 MARCA: CAT  
 MODELO: 320BL\_CAT  
 LUGAR DE TRABAJO: CHICLAYO - TALLER  
 NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: CYO CY08857  
 SERIE COMPONENTE:  
 MODELO DEL COMP:  
 FABRICANTE DEL COMP:  
 NUMERO DE ETIQUETA DE LA MUESTRA:  
 MARCA/GRADO ACEITE: MOBIL / 25W-50  
 TIPO DE FLUIDO:  
 FECHA DE TERMINO NUMERO GARANTIA EXT:



NUMERO CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	CAMBIO ACEITE	ACEITE AGREGADO	UNIDADES DEL RELLENO	CAMBIO FILTRO
R080-45181-0829	08/24/2015	08/30/2015	20249	220	Desconocido			
SEG	PRESENCIA DE SILICIO/ALUMINIO INDICARIA POSIBLE INGRESO DE TIERRA/POLVO EN EL COMPARTIMIENTO QUE PODRIA ESTAR DESGASTANDO HIERRO/CROMO. VISCOSIDAD NO REPRESENTARIA EL ACEITE QUE UD. INDICA LA ETIQUETA. ¿ESTA USANDO O AGREGANDO ALGUN OTRO ACEITE AL INDICADO EN LA ETIQUETA?. VERIFICAR ESTA INFORMACION. REVISAR NIVELES DE ACEITE. Recuerde que el uso de un aceite no especificado en el manual del Fabricante puede dañar su Equipo. INSPECCIONAR POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION. REVISAR CONSUMO DE ACEITE . REVISAR FILTROS DE ACEITE/AIRE. Revise Estado/Ajuste/Limpieza de Sist/Admisión.							
R080-45159-0319	08/04/2015	08/08/2015	20029	80	No			No
NAR	POR HRS/OPERAC/ACEITE, RANGO/DESGASTE ACEPTABLES. CONDICION DEL ACEITE ACEPTABLE. RANGO DE VISCOSIDAD ACEPTABLE. ENVIAR MUESTRA DE ACEITE NUEVO. ¿SEGÚN SU MANUAL DEL FABRICANTE ES ADECUADO USAR ESTE ACEITE PARA EL COMPARTIMIENTO INDICADO?.							
R080-45120-0224	04/27/2015	04/30/2015	19949	200	Sí			Sí
AR	SILICIO/ALUMINIO/SODIO INDICARIA PROBLEMA DE ENTRADA DE TIERRA/POLVO AL COMPARTIMIENTO ELLO ESTARIA OCASIONANDO DESGASTE DE HIERRO/CROMO/ESTAÑO/COBRE. PQ ES ELEVADO E INDICARIA PRESENCIA DE PARTICULAS FERROSAS. CORTE Y ABRA LOS FILTROS DE ACEITE E INSPECCIONE MATERIAL METALICO. INSPECCIONE EL MOTOR POR FUENTES DE ENTRADA DE TIERRA. REVISAR TAPONAMIENTO EN FILTROS DE AIRE/ABRAZADERAS/CONETORES. COMPRUEBE SI HAY FUGAS EN TURBO. REVISE ESTADO/AJUSTE/LIMPIEZA DE SIST/ADMISION. ¿QUE MARCA DE ACEITE USA?. REPARA DE SER NECESARIO.							

Elementos de desgaste(ppm)	Al	Ba	B	Cd	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	V	Zn
R080-45181-0829	8	0	1	0	2965	3	2	29	2	32	0	1	1	1034	3	13	0	7	0	0	0	1226
R080-45159-0319	1	0	4	0	1686	0	3	12	1	22	0	1	0	578	2	4	0	2	0	0	0	677
R080-45120-0224	63	1	4	0	1583	8	35	163	4	52	3	20	5	549	7	110	0	10	6	2	0	706

Condición de Fluido/Conteo Partículas	W	A	F	OXI	NIT	SUL	ST	V100	PQI
R080-45181-0829	N	N	N	19	8	24	17	11.9	47
R080-45159-0319	N	N	N	5	3	13	8	18.9	45
R080-45120-0224	N	N	N	5	4	16	9	18.3	86

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, V = Vanadio, Zn = Zinc, A = Anticoagulante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, T = Trace, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SULF = Sulfatación, ISO = Nivel de limpieza, PQI = Índice PQ, NaW = Agua salada, FL Pt = Punto de Inflamación, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher result, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a40C

Nota: El propósito de este análisis es únicamente para detectar desgastes mecánicos. No debe entenderse como garantía expresa o implícita de que no ocurra una falla del equipo o alguno de sus componentes.

## ANEXO 08

### SITUACION ACTUAL DEL SERVICIO DE ANALISIS DE ACEITES-UNIMAQ

POLITICAS DE MANTENIMIENTO	METAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABILIDADES Y PERFILES	TRABAJADORES OPERATIVOS	
			Zonas	Servicios
Dar a conocer los objetivos del área.	Erradicar todo problema que presente la máquina.	Cumplir cada una de las metas, teniendo los objetivos trazados.		
Cumplimiento del mantenimiento.	Planear y pronosticar sus requerimientos.	Instaurar procedimientos que permitan recopilar, procesar, divulgar los datos.	Los colaboradores del área no tienen el conocimiento suficiente sobre los diferentes problemas que pueden presentar los motores por la degradación del aceite.	Los trabajadores no proporcionan un buen servicio: porque no están debidamente certificados.
Lograr los objetivos.	Mantener la capacidad operativa del área.	Registrar debidamente los motores.		
Tomar decisiones según los resultados.		Determinar y registrar el tiempo de mantenimiento.		
		Registrar y comunicar el tipo de desgaste del motor.		
		Administrar los escasos recursos del área.		
		Evaluar la eficiencia del área de mantenimiento.		
		Implantar la tarifa presupuestaria y los costes de mantenimiento		

## **ANEXO 09**

### **TABLA 07 DE VISCOSIDAD**

Puede ver la tabla SAE J300 para detalles adicionales

Viscosidad del aceite a temperaturas operacionales (100°C) requeridas por el diseño del motor	Viscosidades SAE para escoger
5.6 cSt - 9.6 cSt	0W -20, 5W20, 20
9.3 cSt - 12.5 cSt	0W - 30, 5W - 30, 10W - 30, 30
12.5 cSt - 16.3 cSt	0W-40, 5W-40, 10W-40, 15W-40, 40
16.3 cSt - 21.9 cSt	0W-50, 5W-50, 10W-50, 15W-50, 20W-50, 25W50, 50

Fuente: Widman International SRL, Santa Cruz – Bolivia 2015

## **ANEXO 10**

### **TABLA 08 ANALISIS DE PARTICULAS.**

Método	Unidades	Ventajas	Limitaciones
Conteo de partículas óptico	Numero/ml	Proporciona distribución de tamaños. No se ve afectado por la opacidad del fluido ni por el agua o aire en la muestra del fluido	Tiempo de preparación de muestras
Conteo de partículas Automático	Numero/ml	Rápido y reproducible	Sensible a lodos, agua, aire y geles
Análisis sobre membrana y comparador de contaminación del fluido	Comparación visual/Código de limpieza	Análisis rápido de los niveles de limpieza del fluido de sistemas de campo. Ayuda a identificar los tipos de contaminación.	Proporciona niveles aproximados de contaminación.
Ferrografía	Cantidad de partículas a escala/pequeñas	Proporciona información básica sobre partículas férricas y magnéticas.	Eficiencia de detección baja en partículas no magnéticas, p. e., bronce, sílice.

Fuente: Widman International SRL, Santa Cruz – Bolivia 2015

## ANEXO 11

### **CÓDIGO DE CONTAMINACIÓN SÓLIDA ISO 4406:99**

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ha desarrollado un código de contaminación sólida, el cual es el dato principal a revisar en la mayoría de los reportes de resultados de análisis de aceites industriales. El valor de este código puede ayudar a determinar el nivel general de limpieza de un sistema bajo monitoreo. La mayoría de las veces, un usuario final puede establecer objetivos a cumplir, lo que permite tener un nivel de confianza en la medida en que la muestra de aceite analizada cumple los objetivos establecidos.

Cómo se determina el código de contaminación sólida ISO.

La mayoría de las muestras de aceite a las cuales se les analiza el contenido de partículas son evaluadas de acuerdo a lo que se conoce como conteo automático de partículas (APC). El patrón de calibración actual para APC es el ISO 11171. Cuando se envía una muestra para analizarla según APC, las partículas son contadas bien sea por el método del contador óptico láser o por el contador por bloqueo de poro. Aunque los laboratorios pueden reportar diferentes niveles de tamaños de partículas en micrones, unos ejemplos de varios tipos de reportes incluyen niveles de tamaño de partículas mayores de 4, 6, 14, 21, 38, 70 y 100 micrones.

El ISO 4406:99 es el estándar para reportar el nivel de contaminación sólida de los fluidos. De acuerdo a este estándar, se asigna un código (número) a la cantidad de partículas, contadas en tres diferentes niveles de tamaño en micrones: mayores de 4, 6 y 14 micrones. Es fácil observar la tabla del código ISO y notar el patrón. En cada fila, el límite superior para cada código es aproximadamente el doble del límite inferior para el mismo código. Del mismo modo, los límites superiores e inferiores son el doble de los límites superiores e inferiores del código inmediatamente anterior. Debido a que la cantidad de partículas permisibles se duplica entre códigos, es posible que la cantidad de partículas se pueda incrementar por un factor de 4 y sólo aumentar un código ISO de contaminación. ([www.noria.mx](http://www.noria.mx) 21 de noviembre 2013)



## **Normas ASTM D 445**

Este método de prueba específica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, de derivados del petróleo líquidos, tanto transparentes y opacas, al medir el tiempo para que un volumen de líquido fluya por gravedad a través de un viscosímetro capilar de vidrio calibrado la viscosidad varía significativamente con la velocidad de cizallamiento, se pueden obtener resultados diferentes en viscosímetros de diferentes diámetros capilares. Se han incluido los valores de precisión y procedimiento para aceites combustibles residuales que, bajo ciertas condiciones. Los valores declarados en unidades de medición del Sistema Internacional deben ser considerados como los estándares.

Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas sanitarias y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

## **Normas ASTM D 4739 / ASTM D 664: Número total de basicidad y de acidez.**

Método de Prueba ASTM D 4739 fue desarrollado como una alternativa para la parte del número antigua base de la norma ASTM D 664. Números de base obtenida por este método puede o no puede ser numéricamente igual que los obtenidos por la parte del número antigua base de Método de Ensayo D 664. Este método de ensayo se puede utilizar para indicar los cambios relativos que se producen en un aceite durante el uso bajo oxidante u otras condiciones de servicio independientemente del color u otras propiedades del aceite resultante. Aunque el análisis se realiza bajo condiciones especificadas de cerca, el método no está destinado, como resultado de propiedades básicas reportadas que se pueden utilizar en todas las condiciones de servicio para predecir el rendimiento de un aceite.

Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como los estándares. No hay otras unidades de medida se incluyen en esta norma.

**Norma ASTM D 6595** Conteo de partículas de metales por espectrofotometría.

Método de prueba estándar para la determinación de metales de desgaste y contaminantes de los aceites lubricantes usados o fluidos hidráulicos utilizados mediante la rotación del disco de electrodos Espectrometría de Emisión Atómica.

**ASTM D 445:** Método de prueba para la viscosidad cinemática de líquido transparente y opaco.

**ASTM D 4739/ASTM D 664:** Número total de basicidad y de acidez.

**ASTM D 6595:** Contenido de metales por espectrometría.

**ASTM D 3244:** La práctica estándar para la utilización de los datos de prueba para determinar la conformidad con las especificaciones.

**ASTM D 4485:** Especificación estándar para el rendimiento de los aceites de motor.

**ASTM D 5293:** Método de prueba estándar para la viscosidad aparente de los aceites de motor entre -5 y - 35°C utilizando simulador de arranque en frío.

**ASTM D 4741:** Método de prueba estándar para medir la viscosidad alta temperatura y alta velocidad de cizallamiento por viscosímetro.

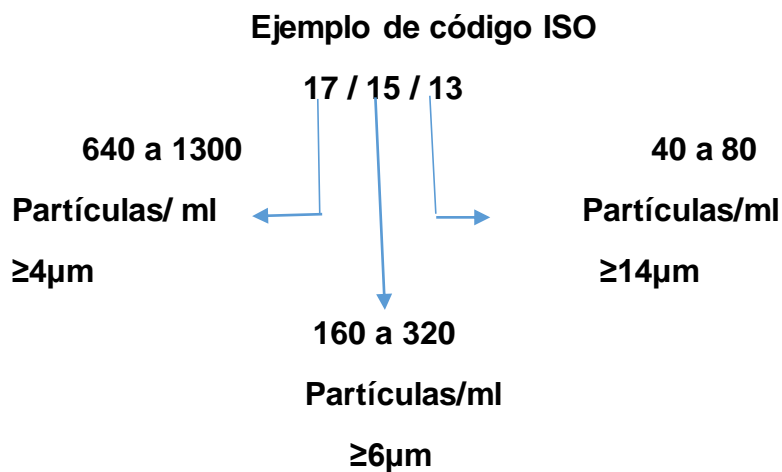
Fuente: [www.astm.org](http://www.astm.org)

## ANEXO 12

### TABLA DEL CODIGO ISO DE LIMPIEZA 4406:99

<b>Códigos de limpieza ISO 4406:1999</b>		
<b>Cantidad de partículas por ml de fluido</b>		
<b>Código ISO</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1	0.01	0.02
2	0.02	0.04
3	0.04	0.08
4	0.08	0.16
5	0.16	0.32
6	0.32	0.64
7	0.64	1.3
8	1.3	2.5
9	2.5	5
10	5	10
11	10	20
12	20	40
13	40	80
14	80	160
15	160	320
16	320	640
17	640	1300
18	1300	2500
19	2500	5000
20	5000	10000
21	10000	20000
22	20000	40000
23	40000	80000
24	80000	160000
25	160000	320000
26	320000	640000
27	640000	1'300,000
28	1'300,000	2'500,000

Fuente: [www.noria.mx](http://www.noria.mx)



## ANEXO 13

### TABLA 09 DE LA DESCRIPCION DE PPM

La tabla considera el uso del aceite cada 6000 kilómetros o cada 400 horas de equipo pesado

Metales	Normal	Comentarios
Hierro (Fe)	5 A 50 ppm	Niveles encima de 15 ppm indican mayor desgaste de lo posible.
Plomo (Pb)	2 a 10 ppm	Más de 10 ppm indica un motor parado mucho tiempo, contaminación, aceite muy delgado o aceite muy viscoso.
Cobre (Cu)	2 a 5 ppm	Motores con enfriadores pueden tener más si preocuparse.
Cromo (Cr)	1 a 8 ppm	Alto desgaste de cromo frecuentemente viene de alto hollín o tierra lijando los anillos y el árbol de levas.
Aluminio (Al)	2 a 15 ppm	Normalmente será 30% del valor del silicio. El valor sobre eso es preocupante.
Níquel (Ni)	1 a 2 ppm	Alto desgaste de níquel normalmente indica alta contaminación por Hollín y tierra.
Plata (Ag)	0	Son poco los motores con cojinetes de plata.
Estaño (Sn)	1 a 2 ppm	Operación del motor a baja revolución con alta carga causa la degradación de los cojinetes.
Sodio (Na)	0 a 10 ppm	Alto sodio indica una entrada de agua del radiador, a no ser que opere cerca del mar o un salar. Sodio es muy corrosivo.
Silicio (Si)	5 a 10 ppm	Motores nuevos o rectificados pueden tener un cambio o dos con niveles mayores. Después de ello, todo es tierra entrando para lijar las piezas. El silicio es el enemigo N°1 del motor.
Dilución por combustible	0 a 2%	Cuando se toma la muestra caliente como debería ser, todo el combustible debería evaporarse. El combustible diluye el aceite y come los cojinetes.
Hollín	0 a 2%	Niveles sobre todo anti económicos por el alto consumo de combustible y poco aprovechamiento para la conversión del mismo a potencia. El Hollín es el enemigo N°2 para el motor.

**Fuente:** Widman International SRL, Santa Cruz – Bolivia 2015

## **ANEXO N° 14**

### **Motor C6.4 de la excavadora 320DL Caterpillar**

El motor C 6.4 ACERT Caterpillar es un motor diésel poderoso, resistente y duradero que además de cumplir con todas las necesidades de la aplicación. Una función de modalidad ECO ayuda a reducir el consumo de combustible hasta en un 15%. Los motores ACERT incorporan componentes resistentes y comprobados y de fabricación precisa con los que puede contar para el funcionamiento fiable y eficiente durante todo el día. Controlado mediante un ECM, cumple con los requisitos de emisiones de Norma Tier 3 de la EPA De EE. UU al tiempo que ofrece bajo consumo de combustible combustión completa.

La tecnología ACERT trabaja en el punto de la combustión para optimizar el rendimiento del motor y reducir las emisiones de los gases de escape. El sistema de combustible de riel común incluye una bomba de inyección de alta presión, así como inyectores electrónicamente controlados. El ECM A4-E2 controla el solenoide de la bomba controlando el flujo de combustible a los inyectores, el ECM controla también el ON/OFF de los solenoides de los inyectores.

#### **Control Automático de velocidad del motor:**

El control automático se activa durante condiciones sin carga o de carga liviana y reduce la velocidad del motor para minimizar el consumo de combustible.

#### **Filtro de aire:**

El filtro de aire de sello radial ofrece un núcleo filtrante de doble capa muy eficiente y está ubicado en un compartimiento detrás de la cabina. Cuando hay suciedad obstruyendo el filtro por encima de un nivel preestablecido, se muestra una advertencia en el monitor.

#### **Sistema de filtrado**

El motor C6.4 cuenta con un sistema mejorado de filtrado, lo que garantiza buena fiabilidad para los componentes del sistema de inyección de combustible.

## Bajos niveles de ruido y vibraciones

El motor está montado en el bastidor principal con cuatro montajes de caucho, reduciendo el nivel de ruido y las vibraciones que se transfiere desde el motor al bastidor principal.

**Fuente:** Manual de fabricante Caterpillar.

### ANEXO 15

#### TABLA DE ESPECIFICACIONES DEL MOTOR C6.4 DE LA EXCAVADORA

##### 320DL

<b>Excavadora Caterpillar 320DL ficha técnica</b>	
Número de máquina	03518125
Año de fabricación	2014
Horometro	5225.7 de operación
Serie de la máquina	A6F02145
Modelo de motor	C 6.4 Caterpillar
Capacidad de refrigerante	7 galones
Capacidad de aceite	7,9 galones
Potencia bruta	111 KW
Potencia neta en el volante	103KW
Carrera	127 mm
Cilindrada	6.4 L
Calibre	105 mm
Tipo de alimentación	Diésel
Peso de trabajo	21,3 toneladas
Capacidad de pala	1,0m <sup>3</sup>
Ancho de zapata	800 mm
Ancho de cuchara	1.4m
Tracción máxima en la barra de tiro	206 KN

**Fuente:** Manual de fabricante Caterpillar

## ANEXO N° 16

### TABLA DE ESPECIFICACIONES DEL ACEITE CAT 15W-40

El motor emplea un aceite lubricante multigrado SAE 15W-40 de la marca CAT calidad CF-4 de base mineral, el cual cumple con los requerimientos según criterios de desempeño CATERPILLAR.

<b>CARACTERISTICAS TIPICAS</b>		
<b>CAT 15W-40</b>	<b>Método de Prueba</b>	
Grado SAE		15W-40
Viscosidad, cSt @ 40°C	ASTM D-445	115,5
cSt @ 100°C	ASTM D-445	15
Clasificación de servicio API:	Diésel/Gasolina	CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF/ SL
Índice de viscosidad	ASTM D-2270	135
Punto mínimo de fluidez, °C	ASTM D-97	-33
Punto de inflamación, °C	ASTM D-92	222
Cenizas sulfatadas, % en peso	ASTM D-874	1,1
TBN, mg KOH/gr	ASTM D-2896	10,6
Cinc, % en peso	ASTM D4951	0,133

**Fuente** www.mobiltec.cl.Especificaciones Sistemas de Clasificación API Para Aceites De Mobiltec manual de productos

## ANEXO N° 17

### NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP 321.014)

**PETRÓLEO Y DERIVADOS:** Aceites lubricantes para motores diésel.  
Especificaciones

#### **Objetivo**

Esta norma técnica peruana establece los requisitos que deben cumplir los ensayos a los cuales deben someterse los aceites lubricantes para motores de combustión interna, encendidos por compresión que utilizan diésel como combustible y que operan bajos los niveles de calidad de la clasificación API: CD, CD-II, CE, CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4.

#### **NORMA TECNICA PERUANA.**

NTP 321.137 PETROLEO Y DERIVADOS: Práctica normalizada para el muestreo manual de petróleo y productos de petróleo.

## **CAMPO DE APLICACION**

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a todos los aceites lubricante para motores diésel, excepto las clasificaciones API, CA, CB Y CC debido a que las categorías posteriores a estas coinciden con las recomendaciones de los fabricantes de motores y protegen a la mayoría del parque automotor existente en el país, al momento de elaborar esta NTP.

Comprende los aceites lubricantes para motores de combustión interna de cuatro tiempos de encendido por compresión, servicio ligero, moderado y pesado, utilizados bajo una variedad de condiciones de operación en automóviles, camionetas, camiones, ómnibus, maquinaria pesada de movimiento de tierras, equipo agrícola y otras aplicaciones industriales.

## **DEFINICIONES**

Para los propósitos de la siguiente Norma Técnica Peruana se establecen las siguientes definiciones.

**API:** Organismo con sede en lo Estados Unidos de Norte América, que entre otras funciones establece la nomenclatura para las diferentes categorías de desempeño de los aceites lubricantes.

**SAE:** organismo con sede en Estados Unidos de Norte América, que entre otras funciones establece los grados de viscosidad de los aceites lubricantes para motores de combustión interna.

**ASTM:** Organismo con sede en Estados Unidos de Norte América, entre otras funciones establece los métodos de ensayo para ser utilizados en diferentes laboratorios.



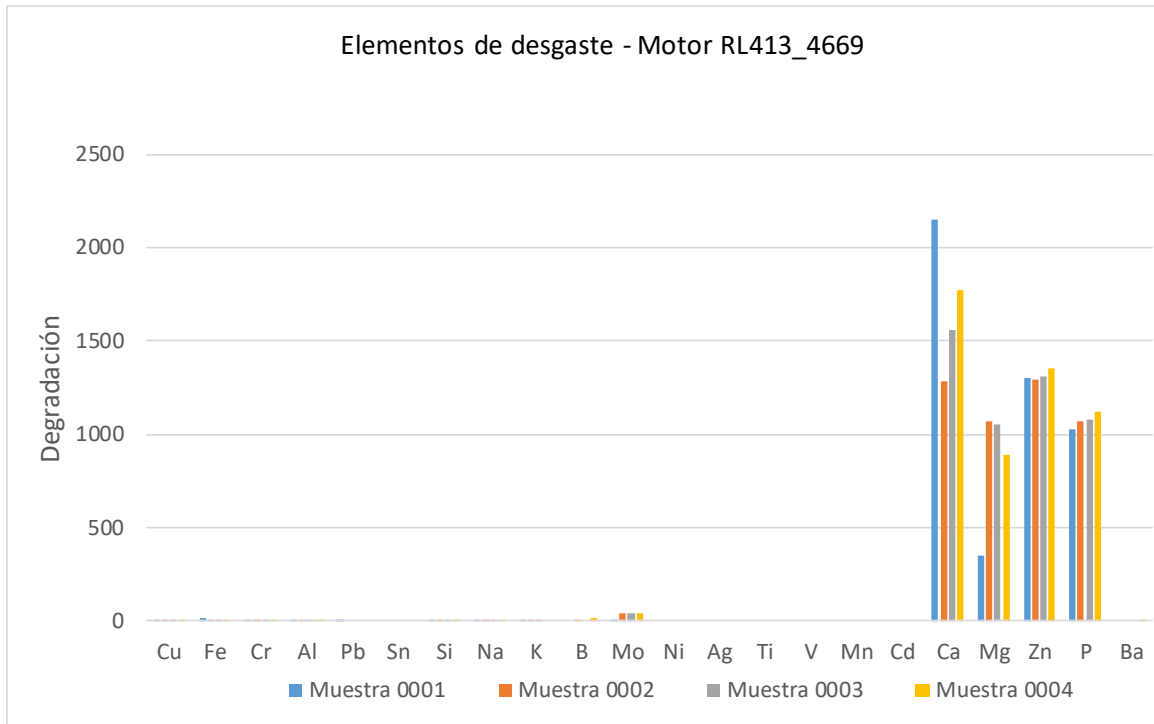
**ANEXO 18**  
**RESULTADOS DE LAS 16 MUESTRAS PARA MAQUINARIAS (4 MUESTRAS**  
**POR EQUIPO)**  
**Unidad N° 1**

REPORTE DE ANÁLISIS DE ACEITE		MUESTRA								
		1		2		3		4		
		HORÓMETRO	500 HR	HORÓMETRO	1059 HR	HORÓMETRO	1975 HR	HORÓMETRO	2904 HR	
		HORA	300 HR	HORA	200 HR	HORA	250HR	HORA	250 HR	
		FECHA MUESTREO	29/05/2015	FECHA MUESTREO	25/07/2015	FECHA MUESTREO	16/10/2015	FECHA MUESTREO	6/01/2016	
FECHA PROCESO	5/06/2015	FECHA PROCESO	11/08/2015	FECHA PROCESO	21/10/2015	FECHA PROCESO	2/02/2016			
MOTOR: TEREX				MARCA/GRADO DE ACEITE: CAT/15W-40						
FABRICANTE: CATERPILLAR				MODELO: C 6.4						
ELEMENTO	PARÁMETRO	DATO				LÍMITES			EVALUACIÓN	
		Línea base (LB)	Original				NAR	SEG		AR
		1	2	3	4					
De desgaste	Cu	2	1	2	1	2	<7	8 a 9	>9	
	Fe	5	13	8	10	10	<37	38 a 45	>45	
	Cr	1	1	1	1	1	<3	4 a 4		
	Al	2	1	3	4	3				
	Pb	2	1	0	0	0	<7	8 a 9	>9	
	Sn	1	0	0	0	0				
	Si	2	6	7	9	9	<11	12 a 14	>14	
	Na	1	2	1	1	1	<50	200	>200	
	K		2	1	1	0				
	B		0	1	0	17				
	Mo		6	40	40	43				
	Ni	1	0	0	0	0				
	Ag		0	0	0	0				
	Ti		0	0	0	0				
	V	0	0	0	0	0				
	Mn		0	0	0	0				
	Cd		0	0	0	0				
	Ca		2153	1284	1555	1770				
Mg		354	1066	1052	886					
Zn		1301	1293	1309	1353					
P		1023	1067	1081	1124					
Ba		0	0	0	1					
De condición de aceite	ST	0.02	1	4	3	1				
	OXI (ISO 4406:99)		14	11	11	12				
	NIT (ISO 4406:99)		6	5	5	5				
	SUL (ISO 4406:99)	0.78	24	19	19	19	0.29			
	W	0.2	N	N	N	N	0.25			
	A		N	N	N	N				
	F		N	N	N	N				
	V100 (cSt)	16.3	12.9	13	13.2	13.1	21.61			
PQI		37	38	40	38					

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, S - Sulphur, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de limpieza, PVI = Indicador de Volumen de Partículas, PQI = Índice de Cuantificador de Partícula, NaW = Agua salada, FL Pt = Punto álgido, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a 40C, VI = Índice de Viscosidad.

**Cuadro 1: Motor CAT C 6.4**

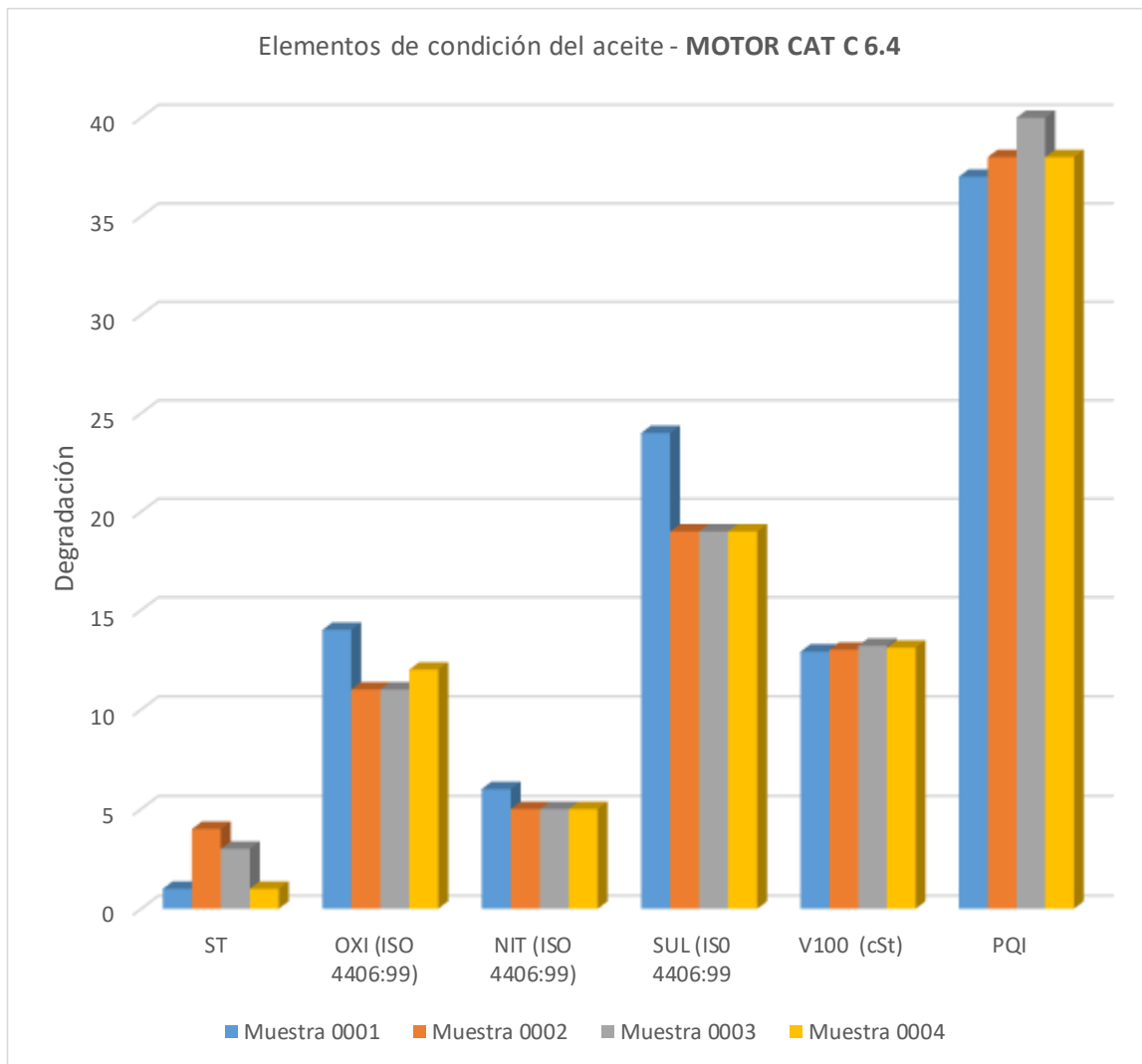
**Fuente: Ferreyros**



**Gráfica 1: Motor CAT C 6.4**

**Fuente:** Cuadro 1

En la gráfica 1 se observa que los elementos de desgaste con más presencia en el motor son calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), Fósforo (P) y bario (Ba). Esto se evidencia en un solo motor observado en cuatro muestras en momentos diferentes y esto también es evidencia suficiente para decir que los demás motores considerados en la muestra tienen el mismo comportamiento. (Ver anexos 1, 2, y 3).



**Gráfica 2:** Motor CAT C 6.4

**Fuente:** Cuadro 1

En la figura 2 se muestra los parámetros de degradación del aceite y entre ellos tenemos la oxidación, la nitración, la sulfatación, la viscosidad, el hollín y el índice PQI; resaltando más el índice PQI y el parámetro de sulfatación, seguido de los parámetros de viscosidad, oxidación, nitración; este mismo comportamiento se puede observar en las unidades 2, 3.

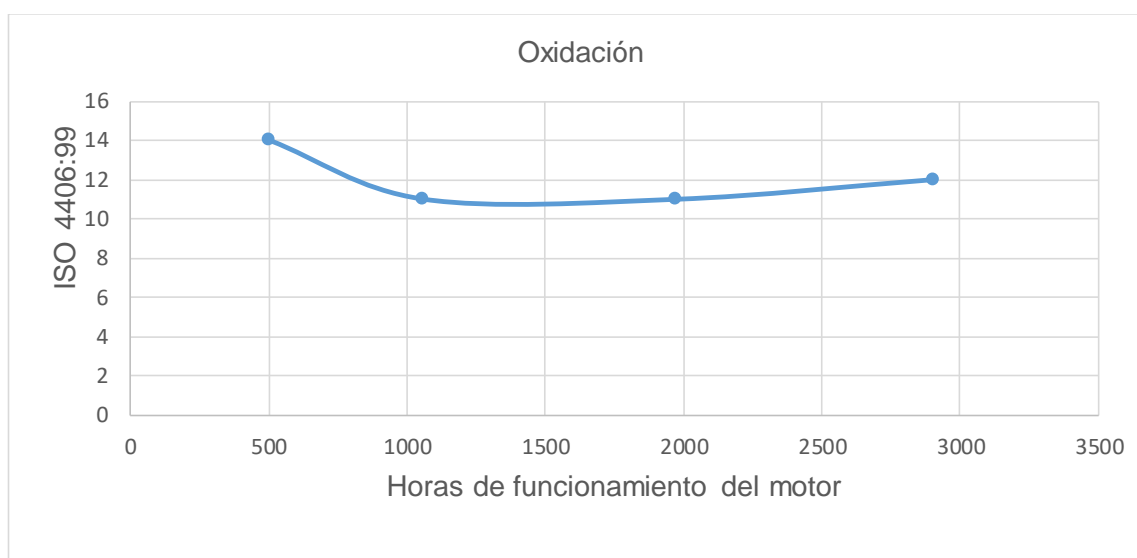
### 3.3 Determinar el Comportamiento fisicoquímico del aceite.

#### Unidad N° 1

PARÁMETROS DE OXIDACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
1	29/05/2015	200	500	300	14
2	25/07/2015	859	1059	200	11
3	16/10/2015	1725	1975	250	11
4	6/01/2016	2654	2904	250	12

**Cuadro 3:** Valores obtenidos de oxidación

**Fuente:** Cuadro 1



**Gráfica 3:** Valores obtenidos de oxidación

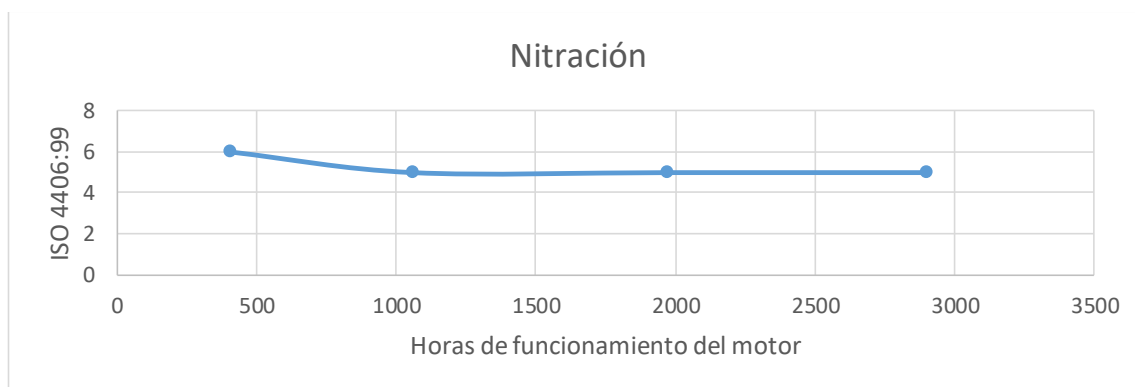
**Fuente:** Cuadro 3

En la gráfica 3 se observa que existe un incremento progresivo de la oxidación a partir de la segunda muestra y conforme se incrementa el número de horas; esto quiere decir que las consecuencias que pueden generar la degradación, es la contaminación debido a la formación de lacas y barnices; el debilitamiento de los aditivos; y el aumento progresivo del desgaste; convirtiéndose en una amenaza para las componentes, ya que reduce la capacidad y la vida útil de estas, debido a que el aceite lubricante pierde sus propiedades físicas-química. Estos resultados ocurren porque se realiza la mezcla de aceite a diferentes grados, agotamiento de aditivos antioxidantes, degradación de la base lubricante, los cambios de temperatura en el sistema de refrigeración.

PARÁMETROS DE NITRACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
1	29/05/2015	200	500	300	6
2	25/07/2015	859	1059	200	5
3	16/10/2015	1725	1975	250	5
4	6/01/2016	2654	2904	250	5

**Cuadro 4:** Valores obtenidos de nitración

**Fuente:** Cuadro 1



**Gráfica 4:** Valores obtenidos de nitración

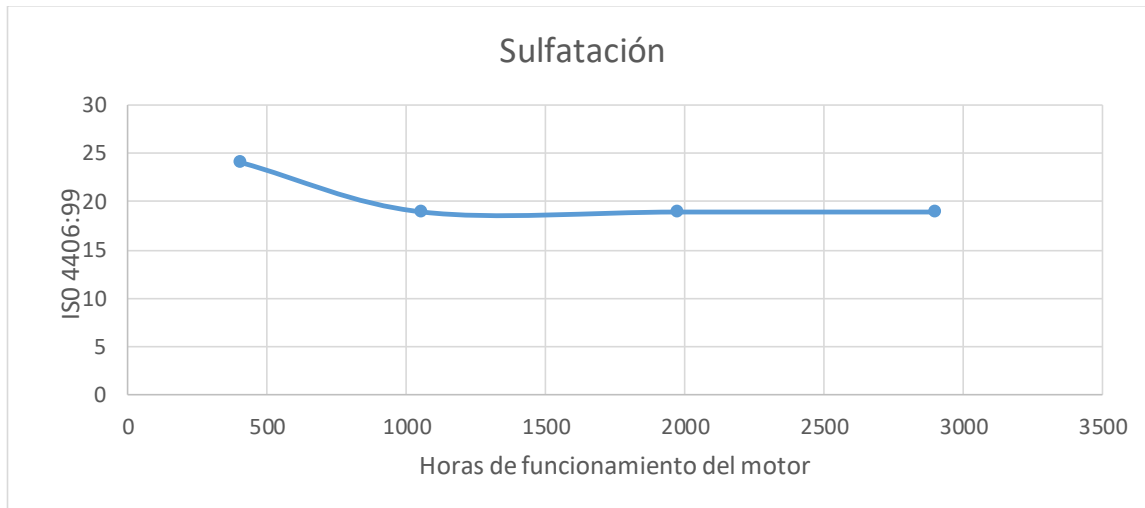
**Fuente:** Cuadro 4

La nitración es una condición indeseable que indica que el aceite se está saturando con compuestos de óxido de nitrógeno solubles y / o insolubles. La reacción del nitrógeno con el aceite de base forma dos tipos de nitrógeno: nitratos orgánicos, que son el resultado de una reacción en las paredes del cilindro, y compuestos nitro, que son causados por un proceso de soplado por la que el gas reacciona con el aceite en el sumidero. Son independientes de los oxi-productos que conducen a la oxidación del aceite, que es otra forma de degradación del aceite. En este caso se observa que no hay diferencia en la cantidades de nitración con respecto al incremento de horas, el incremento progresivo de la nitración trae como consecuencia el agotamiento de la reserva alcalina (BN) y la degradación por pérdidas de sus propiedades físicas- químicas del aceite, lo que resulta un desgaste prematuro acortando la vida útil del motor si no se controla puede llevar a la obstrucción del filtro y esto trae como consecuencia problemas mucho más graves por un deficiente filtrado del aceite y el desgaste de las superficies del motor.

PARÁMETROS DE SULFATACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
1	29/05/2015	200	500	300	24
2	25/07/2015	859	1059	200	19
3	16/10/2015	1725	1975	250	19
4	6/01/2016	2654	2904	250	19

**Cuadro 5:** Valores obtenidos de sulfatación

**Fuente:** Cuadro 1



**Gráfica 5:** Valores obtenidos de sulfatación

**Fuente:** Cuadro 5

La degradación del lubricante es un deterioro químico (irreversible) del lubricante. Es causado por el aceite de base se combina con oxígeno, azufre y nitrógeno para formar compuestos nocivos. También puede ser causado por el agotamiento de aditivo debido a reacciones con los contaminantes tales como el calor, las partículas de metal de aire, hollín, combustible y glicol. Los compuestos de azufre se encuentran generalmente en muchos aceites crudos. Aunque las regulaciones ambientales han disminuido significativamente los niveles de azufre en el combustible diésel comercial, azufre contaminación todavía se pueden encontrar en algunos combustibles diésel. Sulfatación También puede resultar de la oxidación del azufre presente en el aceite de base. El azufre en el combustible diésel se combina con oxígeno durante el proceso de combustión para formar óxidos de azufre, tales como azufre dióxido de carbono, que se escapan en el sistema de lubricación de pistón alrededor anillos. Estos compuestos tienden a acumularse con el tiempo y la forma ácidos altamente corrosivos, que son bastante perjudiciales para los metalizados componentes en

el sistema. Un aumento repentino en la sulfatación índice podría ser debido al agotamiento de los aditivos de aceite, y puede también indicar fallos en el anillo y problemas de encendido. Otras posibles razones de alta sulfatación son: agua presente en el cárter, combustión pobre y condiciones de funcionamiento incorrecto.

PARÁMETROS DE HOLLIN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	29/05/15	200	500	300	1
0002	25/07/15	859	1059	200	4
0003	16/10/15	1725	1975	250	3
0004	06/01/16	2654	2904	250	1

**Cuadro 6:** Valores obtenidos de Hollín

**Fuente:** Cuadro 1



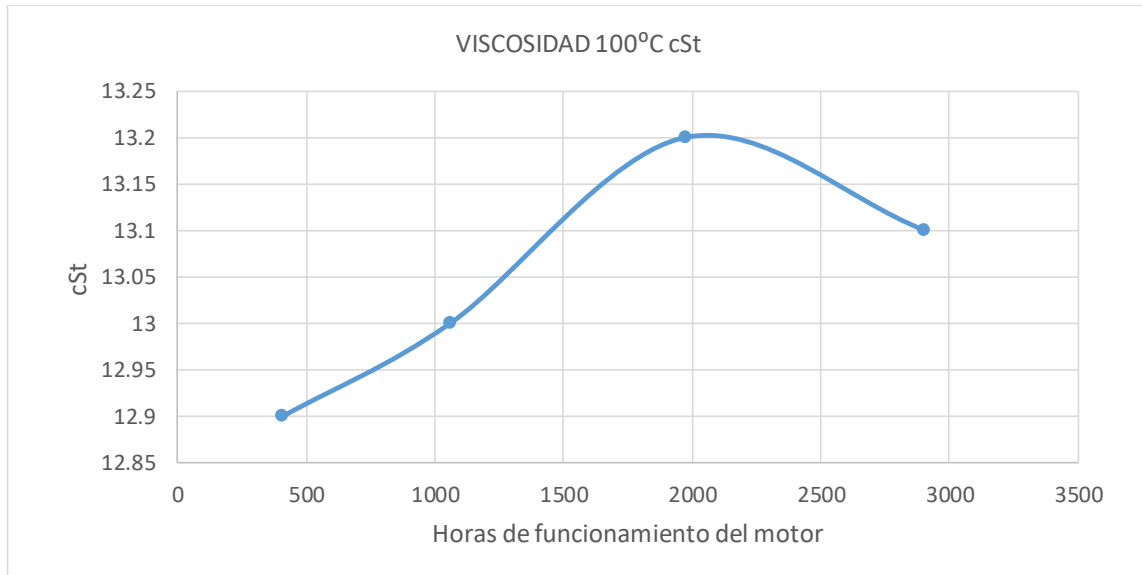
**Gráfica 6:** Valores obtenidos de Hollín

**Fuente:** Cuadro 6

Se presenta un aumento considerable de la cantidad de hollín en el aceite, lo que es un indicativo de que hay una combustión incompleta. Las consecuencias de tener un alto contenido de hollín son espesamiento del aceite y aumento de la tasa de desgaste en el motor. La gráfica 6 ilustra la distribución de valores de metales por desgaste, en partes por millón (ppm), para las muestras obtenidas según el número de horas de operación del motor, se muestra que existe una disminución progresiva.

PARÁMETROS DE VISCOSIDAD 100°C cSt					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	29/05/15	200	500	300	12.9
0002	25/07/15	859	1059	200	13
0003	16/10/15	1725	1975	250	13.2
0004	06/01/16	2654	2904	250	13.1

**Cuadro 7:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt  
**Fuente:** Cuadro 1



**Gráfica 7:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt  
**Fuente:** Cuadro 7

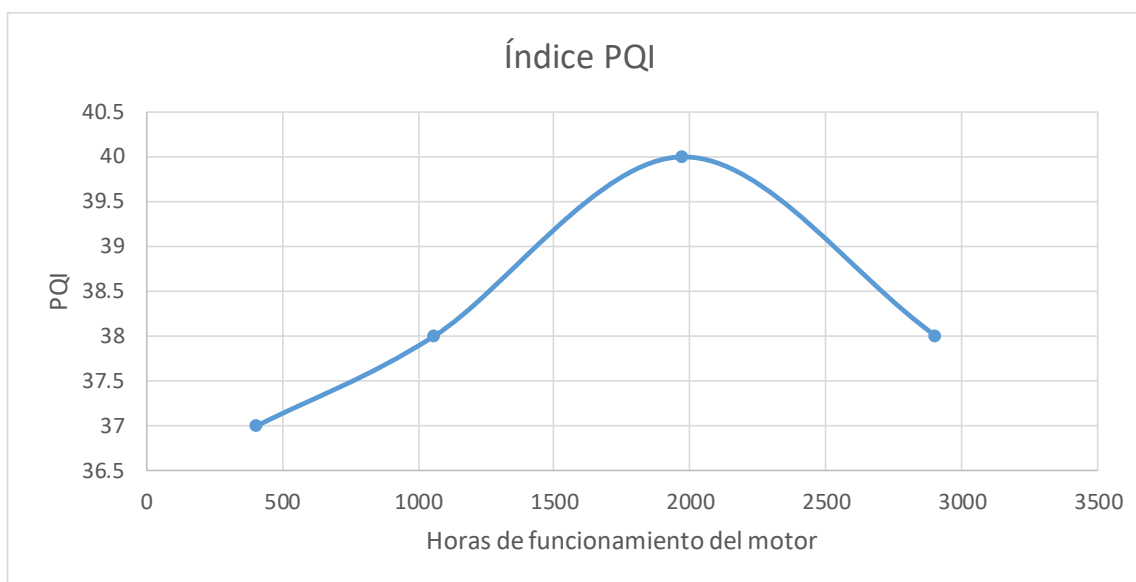
Las tres primeras muestras presentan una disminución progresiva de la viscosidad en la medida en que va aumentando el número de horas de operación del motor. Este resultado puede ser debido a la dilución con aceite menos viscoso, contaminación por combustible, rotura de polímeros por cizallamiento, cizallamiento o rotura del aceite base. Esto trae como consecuencia una disminución de la protección de las superficies metálicas y por consiguiente un incremento del desgaste de las superficies. El límite superior de control corresponde a 13,2 cSt y el límite inferior de control 12,9 cSt.



PARÁMETROS DEL ÍNDICE PQI					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	29/05/15	200	500	300	37
0002	25/07/15	859	1059	200	38
0003	16/10/15	1725	1975	250	40
0004	06/01/16	2654	2904	250	38

**Cuadro 8:** Valores obtenidos de PQI

**Fuente:** Cuadro 1



**Gráfica 8:** Valores obtenidos de PQI

**Fuente:** Cuadro 8

El PQI es realmente una medida de la cantidad de hierro está presente (densidad ferrosa) en la muestra, las cantidades de otros elementos magnéticos siendo insignificante. El PQI no menciona el tamaño - cuanto mayor sea el número, más hierro. Lo que el PQI está comunicando podría interpretarse como un concepto de masa por capacidad o, en términos métricos, algo así como el hierro gramos por litro de aceite. En este caso se observa que en las tres primeras muestras existe un incremento del índice a través del tiempo.

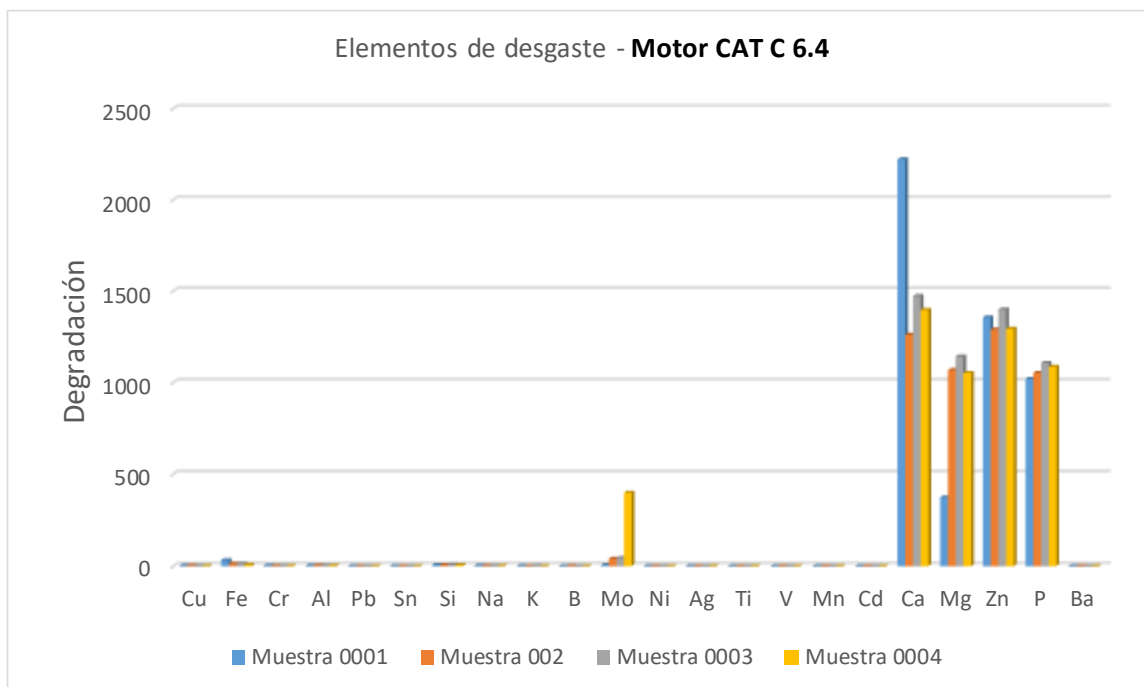
## Unidad N° 2

REPORTE DE ANÁLISIS DE ACEITE		MUESTRA								
		0001		0002		0003		0004		
		HORÓMETRO	1029	HORÓMETRO	1467	HORÓMETRO	1937	HORÓMETRO	2663	
		HORA	300	HORA	200	HORA	250	HORA	250	
		FECHA MUESTREO	25/07/15	FECHA MUESTREO	02/09/15	FECHA MUESTREO	16/10/15	FECHA MUESTREO	06/01/16	
FECHA PROCESO	11/08/15	FECHA PROCESO	24/09/15	FECHA PROCESO	21/10/15	FECHA PROCESO	02/02/16			
MOTOR: CAT				MARCA/GRADO DE ACEITE: CAT/15W-40						
FABRICANTE: CATERPILLAR				MODELO: CAT C 6.4						
ELEMENTO	PARÁMETRO	DATO					LÍMITES			EVALUACIÓN
		Línea base (LB)	Original				NAR	SEG	AR	
0001	0002		0003	0004						
De desgas te	Cu	2	2	2	1	1	<7	8 a 9	>9	
	Fe	5	33	13	13	8	<37	38 a 45	>45	
	Cr	1	3	1	1	1	<3	4 a 4		
	Al	2	3	4	3	3				
	Pb	2	0	0	0	0	<7	8 a 9	>9	
	Sn	1	0	0	0	0				
	Si	2	7	7	8	7	<11	12 a 14	>14	
	Na	1	3	1	1	1	<50	200	>200	
	K		1	0	1	0				
	B		0	1	0	0				
	Mo		7	41	45	400				
	Ni	1	0	0	0	0				
	Ag		0	0	0	0				
	Ti		0	0	0	0				
	V	0	0	0	0	0				
	Mn		0	0	0	0				
	Cd		0	0	0	0				
		Ca		2223	1261	1473	1396			
	Mg		374	1069	1142	1052				
	Zn		1356	1290	1399	1294				
	P		1020	1052	1107	1086				
	Ba		0	0	0	0				
De condición de aceite	ST	0.02	13	2	3	0				
	OXI (ISO 4406:99)		14	10	11	10				
	NIT (ISO 4406:99)		7	5	5	5				
	SUL (ISO 4406:99)	0.78	25	19	19	17	0.29			
	W	0.2	N	N	N	N	0.25			
	A		N	N	N	N				
	F		N	N	N	N				
	V100 (cSt)	16.3	13.4	13.2	13.3	13.5	21.61			
	PQI		37	3.7	41	42				

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo04 or Moly = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, S - Sulphur, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de limpieza, PVI = Indicador de Volumen de Partículas, PQI = Índice de Cuantificador de Partícula, NaW = Agua salada, FL Pt = Punto álgido, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a100C, V40 = Viscosidad a 40C, VI = Índice de Viscosidad.

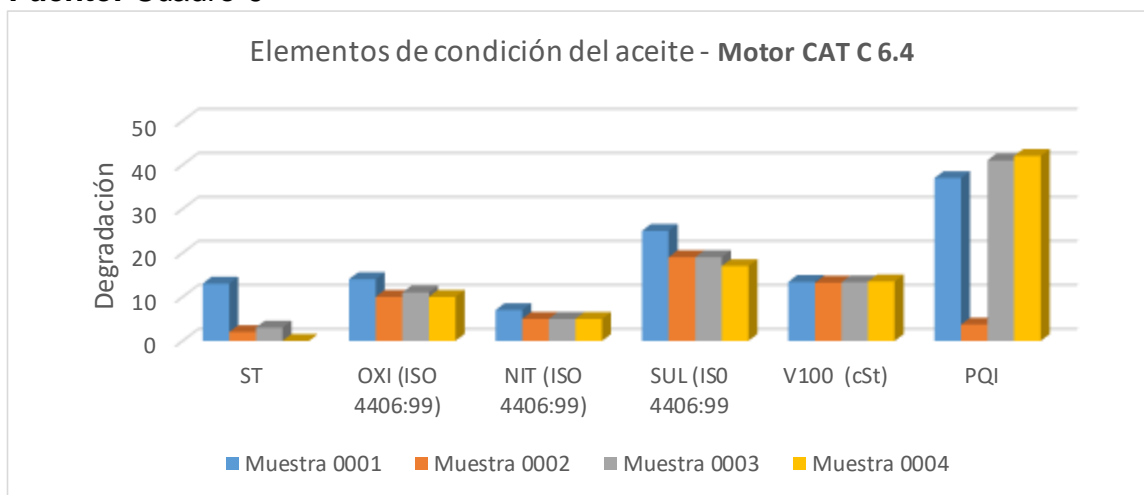
### Cuadro 9: Motor CAT C 6.4

Fuente: Ferreyros



**Gráfica 9:** Motor CAT C 6.4

**Fuente:** Cuadro 9



**Gráfica 10:** Motor CAT C 6.4

**Fuente:** Cuadro 9

En la gráfica 9 corresponde a la muestra N° 2 donde denota los elementos de desgaste con mayor presencia en el aceite de motor son, calcio(Ca), magnesio(Mg), zinc(Zn) y fosforo(P).

En la gráfica 10 se observa parámetros de degradación del aceite dentro de los cuales tenemos oxidación, nitración, sulfatación, viscosidad, hollín, e in índice PQ; resaltando más el índice PQ y la sulfatación como producto de desgaste que ha sufrido el aceite lubricante.

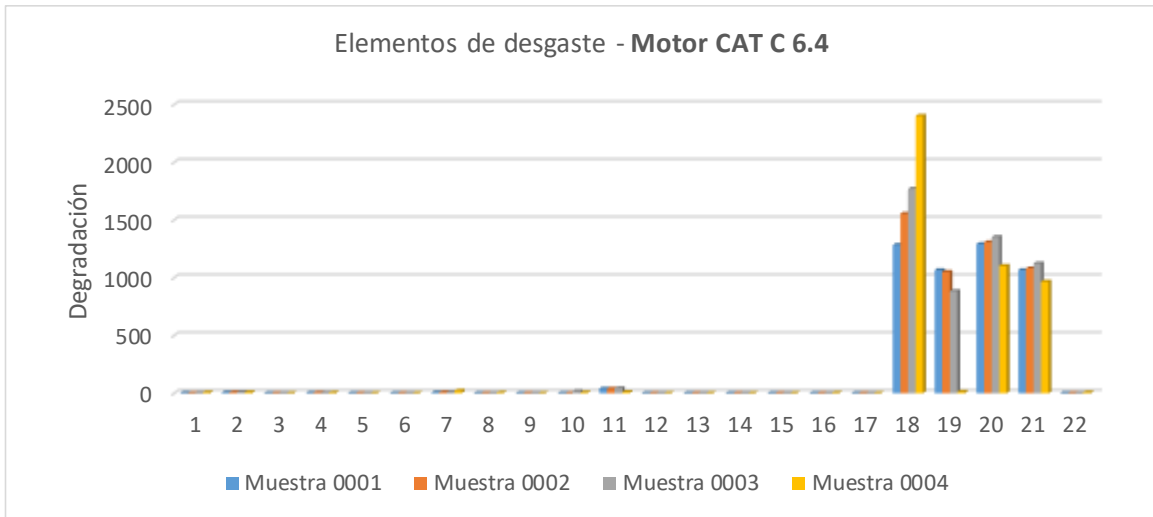
### Unidad N° 3

REPORTE DE ANÁLISIS DE ACEITE		MUESTRA								
		0001		0002		0003		0004		
		HORÓMETRO	195 HR	HORÓMETRO	408 HR	HORÓMETRO	1059 HR	HORÓMETRO	1975HR	
		HORA	195 HR	HORA	213 HR	HORA	200HR	HORA	250 HR	
		FECHA MUESTREO	12/01/15	FECHA MUESTREO	29/05/15	FECHA MUESTREO	25/07/15	FECHA MUESTREO	16/10/15	
		FECHA PROCESO	15/05/15	FECHA PROCESO	06/06/15	FECHA PROCESO	11/08/15	FECHA PROCESO	21/10/15	
MOTOR: CAT				MARCA/GRADO DE ACEITE: CAT/15W-40						
FABRICANTE: CATERPILLAR				MODELO: C 6.4						
ELEMENTO	PARÁMETRO	DATO					LÍMITES			EVALUACIÓN
		Línea base (LB)	Original				NAR	SEG	AR	
0001	0002		0003	0004						
De desgas te	Cu	2	2	1	2	8	<7	8 a 9	>9	
	Fe	5	8	10	11	10	<37	38 a 45	>45	
	Cr	1	1	1	1	1	<3	4 a 4		
	Al	2	3	4	3	4				
	Pb	2	0	0	0	0	<7	8 a 9	>9	
	Sn	1	0	0	0	0				
	Si	2	7	9	9	22	<11	12 a 14	>14	
	Na	1	1	1	1	4	<50	200	>200	
	K		1	1	0	1				
	B		1	0	17	6				
	Mo		40	40	43	12				
	Ni	1	0	0	0	0				
	Ag		0	0	0	0				
	Ti		0	0	0	0				
	V	0	0	0	0	0				
	Mn		0	0	0	2				
	Cd		0	0	0	0				
	Ca		1284	1555	1770	2403				
Mg		1066	1052	886	13					
Zn		1293	1309	1353	1104					
P		1067	1081	1124	968					
Ba		0	0	1	6					
De condición de aceite	ST	0.02	4	3	1	0				
	OXI (ISO 4406:99)		11	11	12	13				
	NIT (ISO 4406:99)		5	5	5	4				
	SUL (ISO 4406:99)	0.78	19	19	19	20	0.29			
	W	0.2	N	N	N	N	0.25			
	A		N	N	M	N				
	F		N	N	N	N				
	V100 (cSt)	16.3	13.0	13.2	13.1	10.9	21.61			
PQI		38	40	38	42					

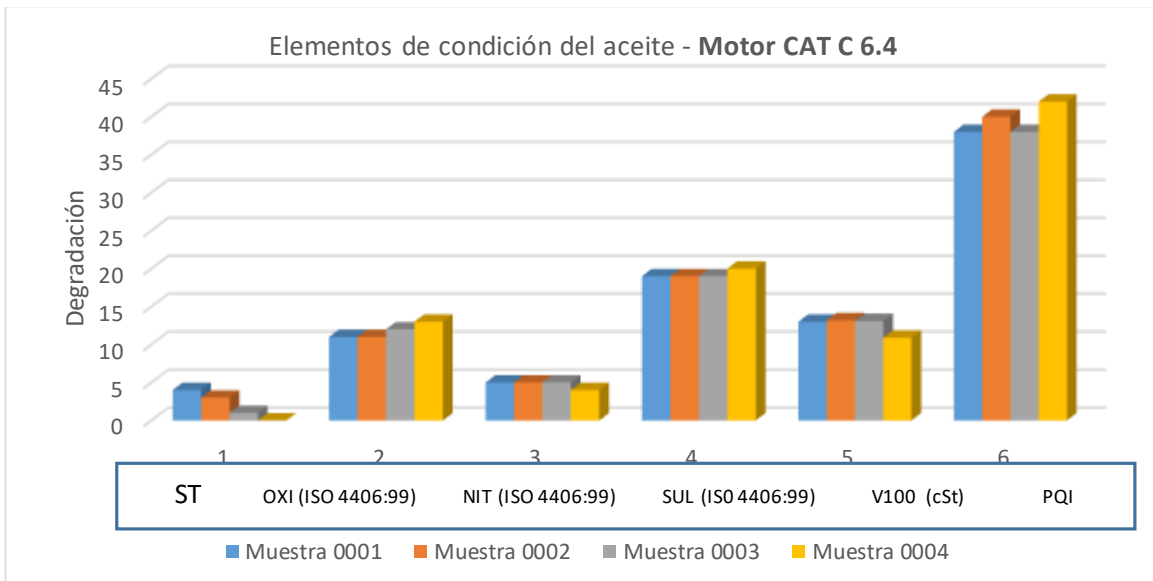
Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo04 or Moly = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, S - Sulphur, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de limpieza, PVI = Indicador de Volumen de Partículas, PQI = Índice de Cuantificador de Partícula, NaW = Agua salada, FL Pt = Punto álgido, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a100C, V40 = Viscosidad a 40C, VI = Índice de Viscosidad.

### Cuadro 16: Motor CAT C 6.4

Fuente: Ferreyros



**Gráfica 17:** Motor CAT C 6.4  
**Fuente:** Cuadro 16



**Gráfica 18:** Motor CAT C 6.4  
**Elaboración:** Cuadro 16

En la gráfica 17 está relacionada con la muestra N° 3 donde se aprecia los elementos de desgaste con mayor presencia en el aceite de motor debido al periodo de trabajo y las condiciones en las cuales opera, cuyos elementos son, calcio(Ca), magnesio(Mg), zinc(Zn) y fósforo(P).

En la gráfica 18 se observa parámetros de degradación del aceite dentro de los cuales tenemos oxidación, nitración, sulfatación, viscosidad, hollín, e in índice PQ; resaltando más el índice PQ y la sulfatación como producto de desgaste que ha sufrido el aceite lubricante.

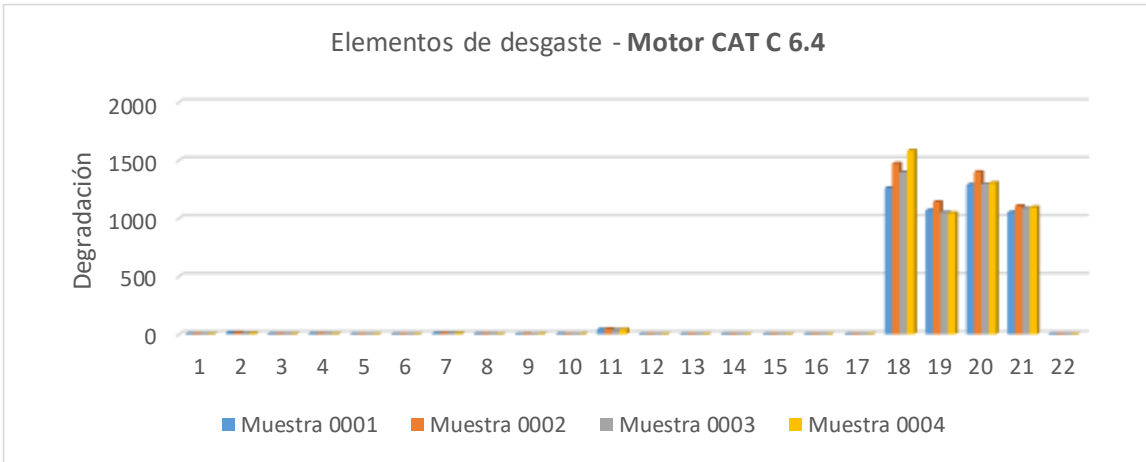
## Unidad N° 4

REPORTE DE ANÁLISIS DE ACEITE		MUESTRA								
		0001		0002		0003		0004		
		HORÓMETRO	839 HR	HORÓMETRO	1029 HR	HORÓMETRO	1467 HR	HORÓMETRO	1937 HR	
		HORA	250 HR	HORA	200 HR	HORA	200HR	HORA	250 HR	
		FECHA MUESTREO	30/06/15	FECHA MUESTREO	25/07/15	FECHA MUESTREO	02/09/15	FECHA MUESTREO	16/10/15	
FECHA PROCESO	05/08/15	FECHA PROCESO	11/08/15	FECHA PROCESO	24/09/15	FECHA PROCESO	21/10/15			
MOTOR: TEREX				MARCA/GRADO DE ACEITE: CAT/15W-40						
FABRICANTE: CATERPILLAR				MODELO: C 6.4						
ELEMENTO	PARÁMETRO	DATO					LÍMITES			EVALUACIÓN
		Línea base (LB)	Original				NAR	SEG	AR	
0001	0002		0003	0004						
De desgaste	Cu	2	2	1	1	1	<7	8 a 9	>9	
	Fe	5	13	13	8	7	<37	38 a 45	>45	
	Cr	1	1	1	1	1	<3	4 a 4		
	Al	2	4	3	3	2				
	Pb	2	0	0	0	0	<7	8 a 9	>9	
	Sn	1	0	0	0	0				
	Si	2	7	8	7	8	<11	12 a 14	>14	
	Na	1	1	1	1	0	<50	200	>200	
	K		0	1	0	2				
	B		1	0	0	1				
	Mo		41	45	40	41				
	Ni	1	0	0	0	0				
	Ag		0	0	0	0				
	Ti		0	0	0	0				
	V	0	0	0	0	0				
	Mn		0	0	0	0				
	Cd		0	0	0	0				
	Ca		1261	1473	1398	1583				
Mg		1069	1142	1052	1046					
Zn		1290	1399	1294	1305					
P		1052	1107	1086	1097					
Ba		0	0	0	0					
De condición de aceite	ST	0.02	2	3	0	3				
	OXI (ISO 4406:99)		10	11	10	12				
	NIT (ISO 4406:99)		5	5	5	5				
	SUL (ISO 4406:99)	0.78	19	19	17	16	0.29			
	W	0.2	N	N	N	N	0.25			
	A		N	N	N	N				
	F		N	N	N	N				
	V100 (cSt)	16.3	13.2	13.3	13.5	12.9	21.61			
PQI		37	41	42	41					

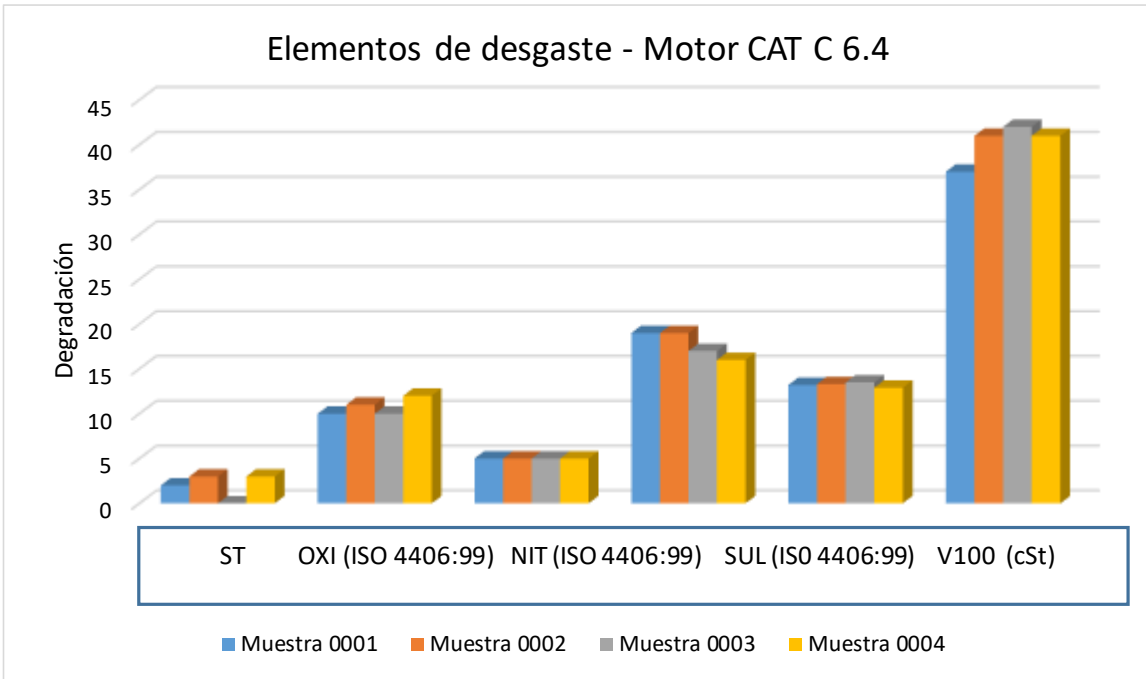
Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo04 or Moly = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, S - Sulphur, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de limpieza, PV1 = Indicador de Volumen de Partículas, PQI = Índice de Cuantificador de Partícula, NaW = Agua salada, FL Pt = Punto álgido, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a 40C, VI = Índice de Viscosidad.

### Cuadro 23: Motor CAT C 6.4

Fuente: Ferreyros



**Gráfica 25: Motor CAT C 6.4**  
Fuente: Cuadro 23



**Gráfica 26: Motor CAT C 6.4**  
Fuente: Cuadro 23

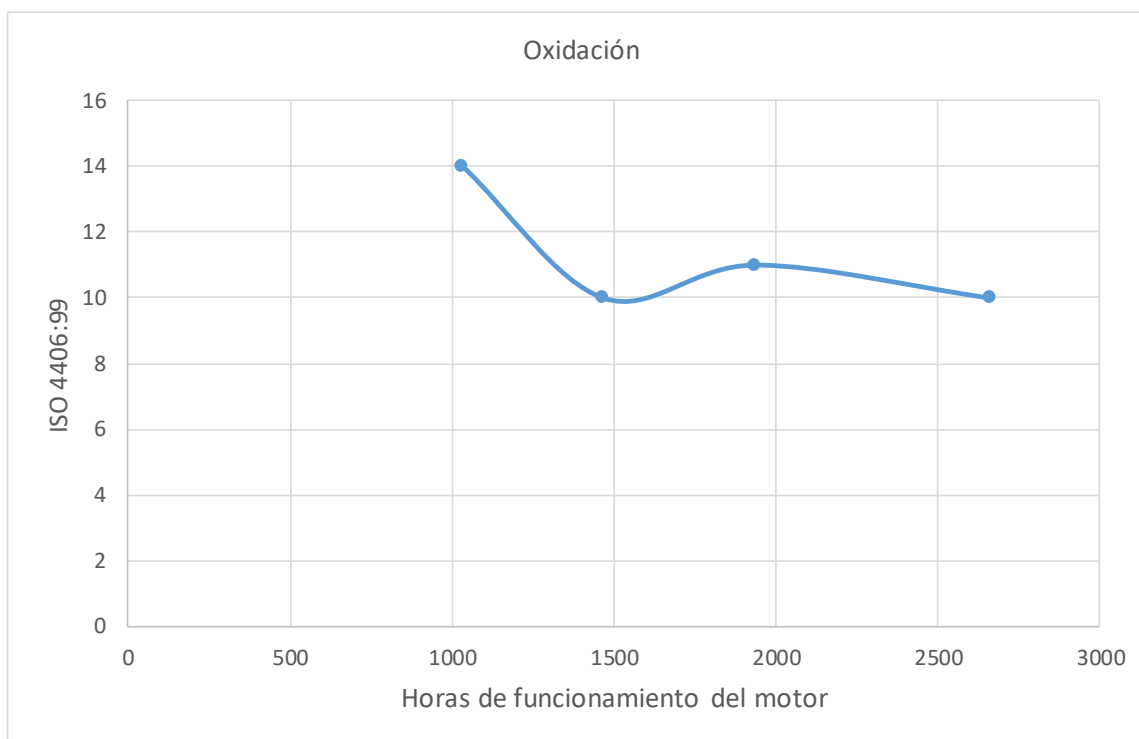
En la gráfica 25 está relacionada con la muestra N° 4 donde se aprecia los elementos de desgaste con mayor presencia en el aceite de motor debido al periodo de trabajo y las condiciones en las cuales opera, cuyos elementos son, calcio(Ca), magnesio(Mg), zinc(Zn), fósforo(P) y molibdeno.

En la gráfica 26 se observa parámetros de degradación del aceite dentro de los cuales tenemos oxidación, nitración, sulfatación, viscosidad, hollín, e índice PQ; resaltando más el índice PQ y la sulfatación como producto de desgaste que ha sufrido el aceite lubricante.

PARÁMETROS DE OXIDACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	25/07/15	729	1029	300	14
0002	02/09/15	1267	1467	200	10
0003	16/10/15	1687	1937	250	11
0004	06/01/16	2413	2663	250	10

**Cuadro 10:** Valores obtenidos de oxidación

**Fuente:** cuadro 9



**Gráfica 11:** Valores obtenidos de oxidación

**Fuente:** Cuadro 10

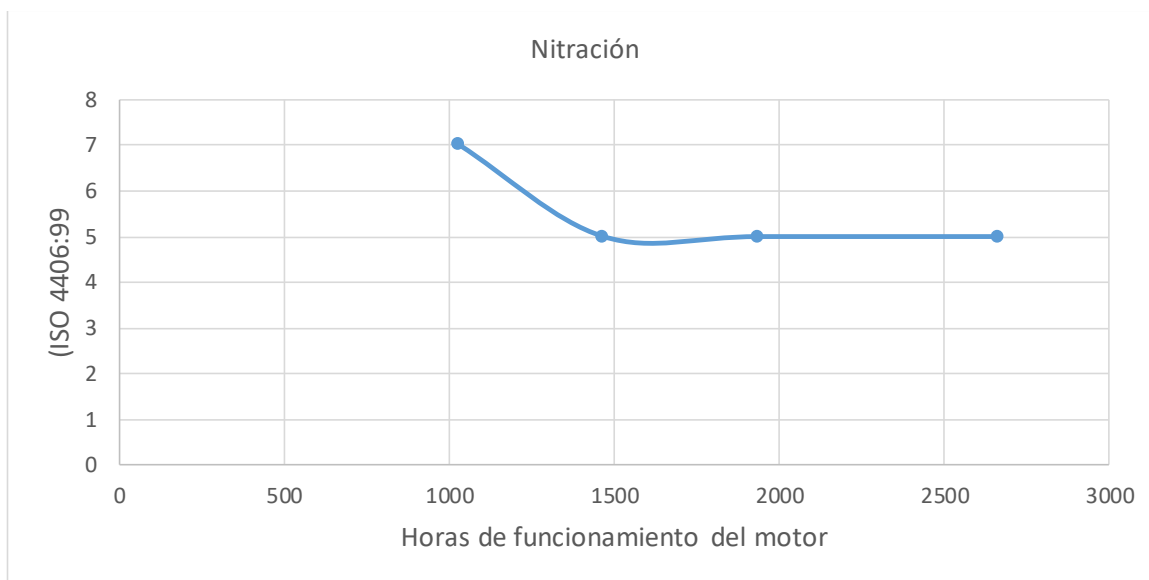
En la gráfica 11 se observa que existe una disminución de la oxidación en la segunda muestra y conforme se avanza el número de horas; esto quiere decir que las consecuencias que pueden generar la degradación, es la contaminación debido a la formación de lacas y barnices; el debilitamiento de los aditivos; y el aumento progresivo del desgaste; convirtiéndose en una amenaza para las componentes, ya que reduce la capacidad y la vida útil de estas, debido a que el aceite lubricante pierde sus propiedades físicas-químicas.



PARÁMETROS DE NITRACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	25/07/15	729	1029	300	7
0002	02/09/15	1267	1467	200	5
0003	16/10/15	1687	1937	250	5
0004	06/01/16	2413	2663	250	5

**Cuadro 11:** Valores obtenidos de nitración

**Fuente:** cuadro 9



**Gráfica 12:** Valores obtenidos de nitración

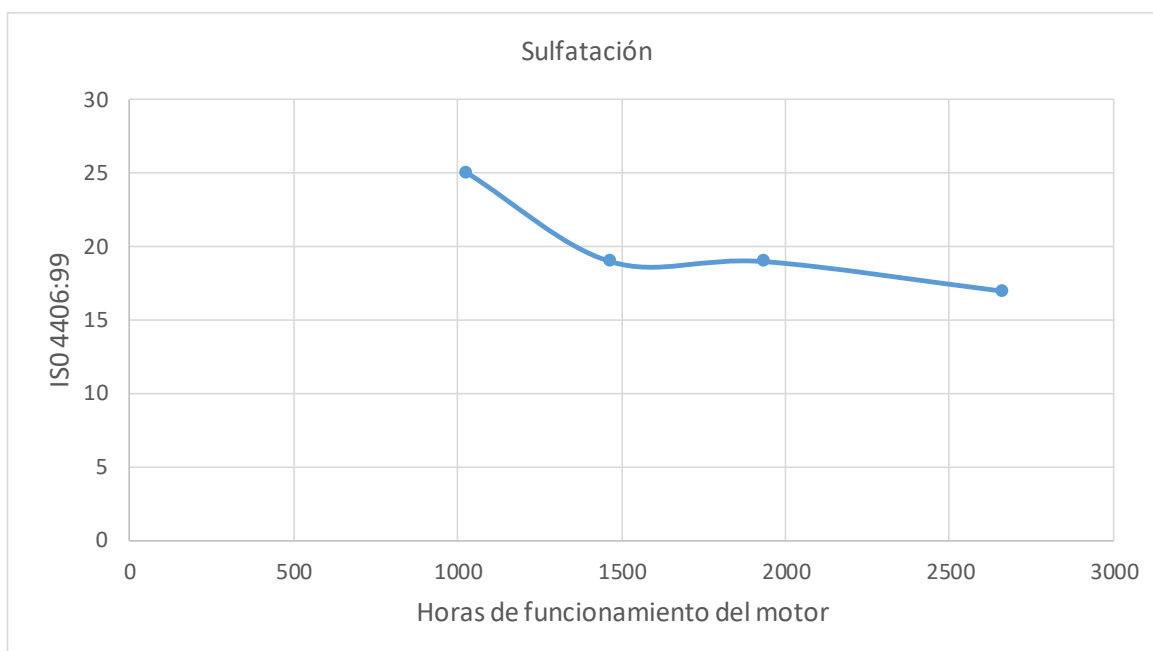
**Fuente:** Cuadro 11

La nitración es una condición indeseable que indica que el aceite se está saturando con compuestos de óxido de nitrógeno solubles y / o insolubles. La reacción del nitrógeno con el aceite de base forma dos tipos de nitrógeno: nitratos orgánicos, que son el resultado de una reacción en las paredes del cilindro, y compuestos nitro, que son causados por un proceso de soplado por la que el gas reacciona con el aceite en el sumidero. En este caso se observa en la primera muestra un resultado elevado comparado con las tres muestras siguientes, en las cuales no hay diferencia en las cantidades de nitración con respecto al incremento de horas, el incremento progresivo de la nitración trae como consecuencia el agotamiento de la reserva alcalina (BN) y la degradación por pérdidas de sus propiedades físicas- químicas del aceite, lo que resulta en un desgaste prematuro acortando la vida útil del motor.

PARÁMETROS DE SULFATACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	25/07/15	729	1029	300	25
0002	02/09/15	1267	1467	200	19
0003	16/10/15	1687	1937	250	19
0004	06/01/16	2413	2663	250	17

**Cuadro 12:** Valores obtenidos de sulfatación

**Fuente:** Cuadro 9



**Gráfica 13:** Valores obtenidos de sulfatación

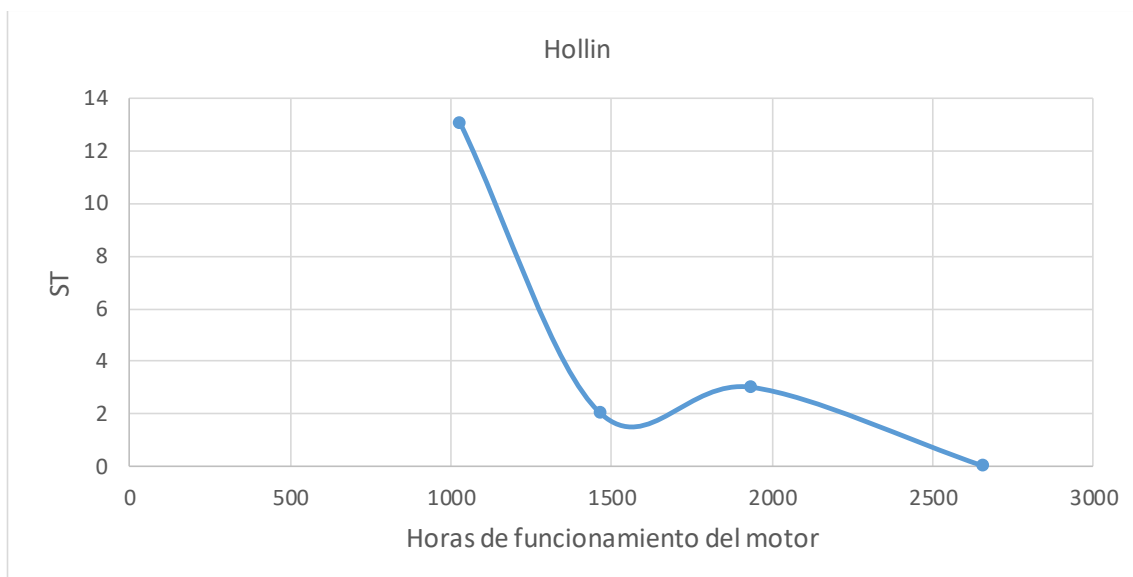
**Fuente:** Cuadro 12

La degradación del lubricante es un deterioro químico (irreversible) . Es causado por el aceite de base se combina con oxígeno, azufre y nitrógeno para formar compuestos nocivos. También puede ser causado por el agotamiento de aditivo debido a reacciones con los contaminantes tales como el calor, las partículas de metal de aire, hollín, combustible y glicol. Los compuestos de azufre se encuentran generalmente en muchos aceites crudos. Sulfatación También puede resultar de la oxidación del azufre presente en el aceite de base. El azufre en el combustible diésel se combina con oxígeno durante el proceso de combustión para formar óxidos de azufre, tales como azufre dióxido de carbono, que se escapan en el sistema de lubricación de pistón alrededor anillos. Estos compuestos tienden a acumularse con el tiempo y la forma ácidos altamente corrosivos.

PARÁMETROS DE HOLLIN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	25/07/15	729	1029	300	13
0002	02/09/15	1267	1467	200	2
0003	16/10/15	1687	1937	250	3
0004	06/01/16	2413	2663	250	0

**Cuadro 13:** Valores obtenidos de Hollín

**Fuente:** Cuadro 9



**Gráfica 14:** Valores obtenidos de Hollín

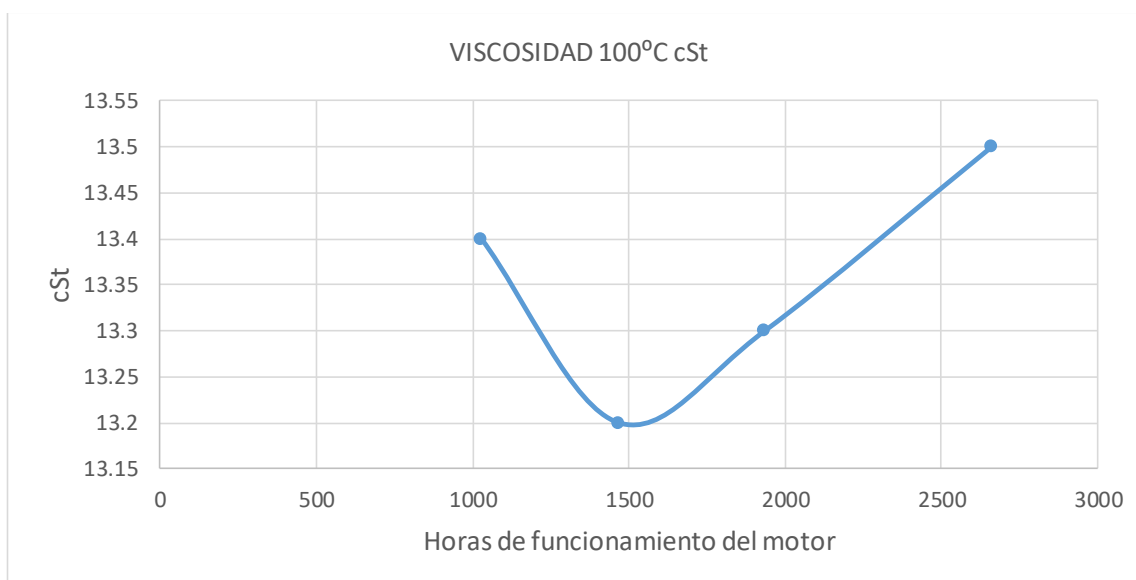
**Fuente:** Cuadro 13

Se presenta una disminución considerable de la cantidad de hollín en el aceite, lo que es un indicativo de que hay una combustión completa. Las consecuencias de tener un alto contenido de hollín son espesamiento del aceite y aumento de la tasa de desgaste en el motor. La gráfica 14 ilustra la distribución de valores de metales por desgaste, en partes por millón (ppm), para las muestras obtenidas según el número de horas de operación del motor, se muestra que existe una disminución progresiva.

PARÁMETROS DE VISCOSIDAD 100°C cSt					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	25/07/15	729	1029	300	13.4
0002	02/09/15	1267	1467	200	13.2
0003	16/10/15	1687	1937	250	13.3
0004	06/01/16	2413	2663	250	13.5

**Cuadro 14:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt

**Fuente:** Cuadro 9



**Gráfica 15:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt

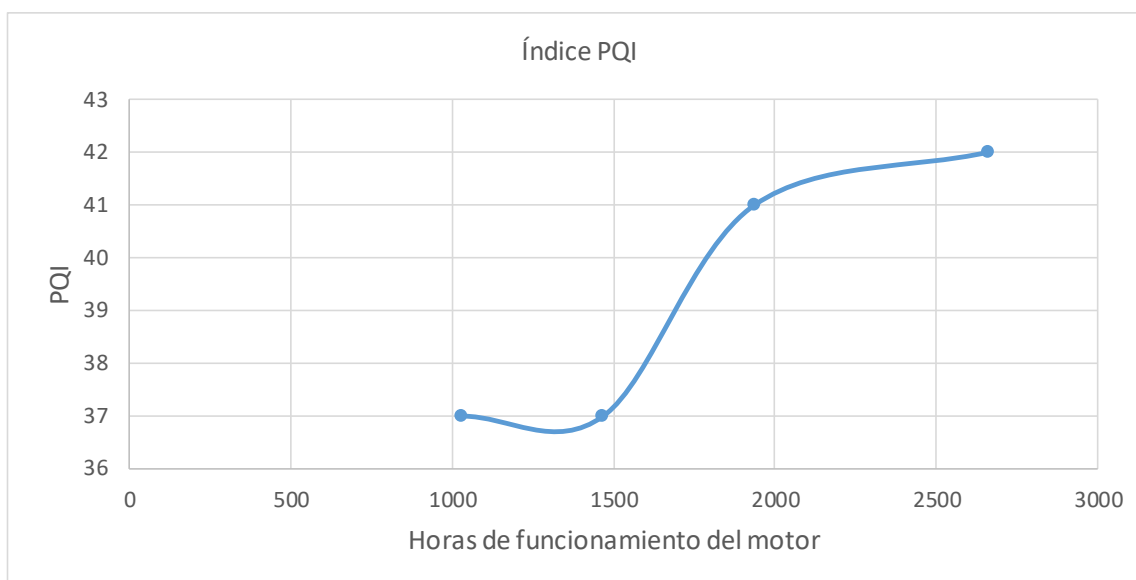
**Fuente:** Cuadro 14

Las tres primeras muestras presentan una disminución progresiva de la viscosidad en la medida en que va aumentando el número de horas de operación del motor. Este resultado puede ser debido a la dilución con aceite menos viscoso, contaminación por combustible, rotura de polímeros por cizallamiento, cizallamiento o rotura del aceite base. Esto trae como consecuencia una disminución de la protección de las superficies metálicas y por consiguiente un incremento del desgaste de las superficies. El límite superior de control corresponde a 13,2 cSt y el límite inferior de control 12,9 cSt. Y el resultado de la última muestra indica un valor fuera de parámetro, esto conlleva a tomar acción inmediata para poder corregir el comportamiento del aceite.

PARÁMETROS DEL ÍNDICE PQI					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	25/07/15	729	1029	300	37
0002	02/09/15	1267	1467	200	37
0003	16/10/15	1687	1937	250	41
0004	06/01/16	2413	2663	250	42

**Cuadro 15:** Valores obtenidos de PQI

**Fuente:** Cuadro 9



**Gráfica 16:** Valores obtenidos de PQI

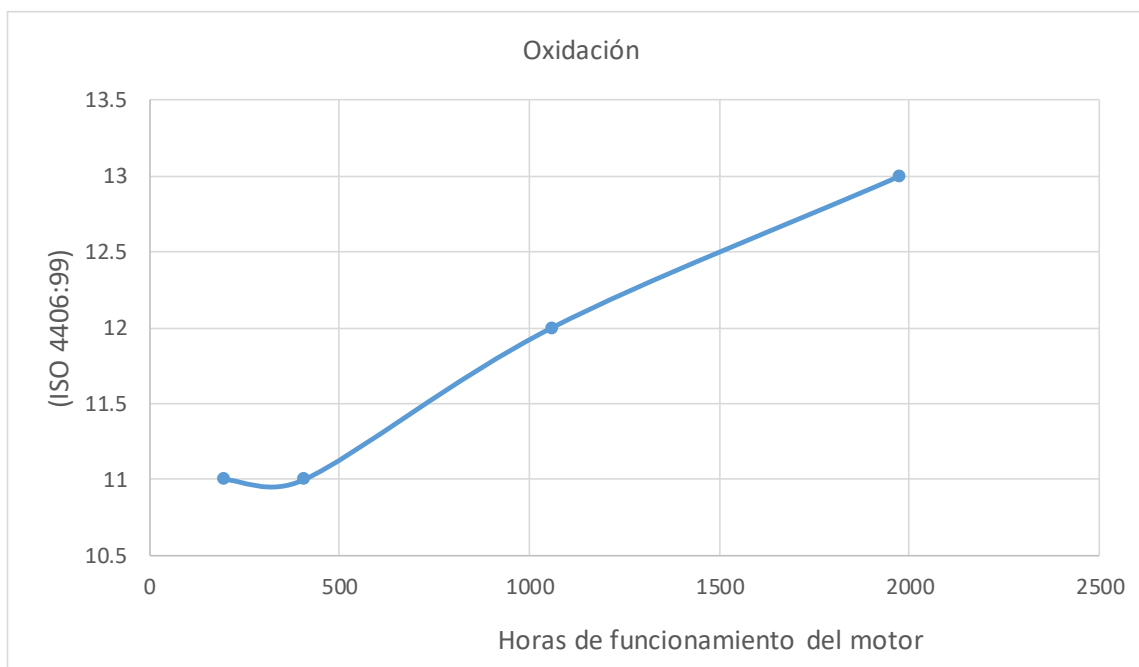
**Fuente:** Cuadro 15

El PQI es realmente una medida de la cantidad de hierro está presente (densidad ferrosa) en la muestra, las cantidades de otros elementos magnéticos siendo insignificante. El PQI no menciona el tamaño - cuanto mayor sea el número, más hierro. Lo que el PQI está comunicando podría interpretarse como un concepto de masa por capacidad o, en términos métricos, algo así como el hierro gramos por litro de aceite. En este caso se observa que en las tres primeras muestras existe un incremento del índice a través del tiempo.

PARÁMETROS DE OXIDACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	12/05/15	0	195	195	11
0002	29/05/15	195	408	213	11
0003	25/07/15	859	1059	200	12
0004	16/10/15	1675	1975	300	13

**Cuadro 17:** Valores obtenidos de oxidación

**Fuente:** Cuadro 16



**Gráfica 19:** Valores obtenidos de oxidación

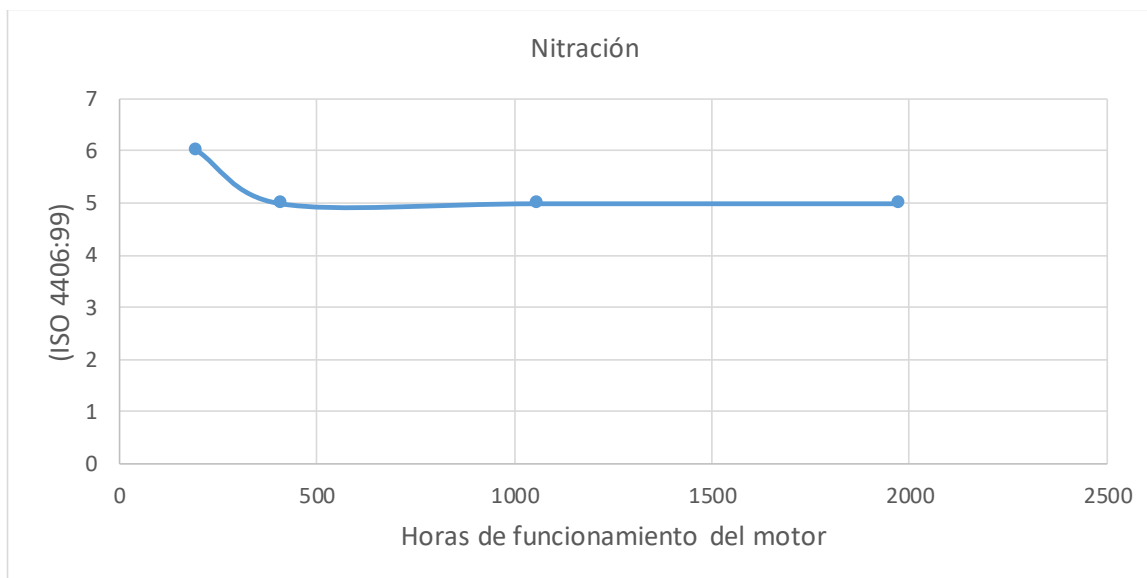
**Fuente:** Cuadro 16

En la gráfica 19 se observa que existe un aumento considerable de la oxidación en la segunda muestra y conforme se avanza el número de horas; esto quiere decir que las consecuencias que pueden generar la degradación, es la contaminación debido a la formación de lacas y barnices; el debilitamiento de los aditivos; y el aumento progresivo del desgaste; convirtiéndose en una amenaza para las componentes, ya que reduce la capacidad y la vida útil de estas, debido a que el aceite lubricante pierde sus propiedades físicas-química.

PARÁMETROS DE NITRACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	12/05/15	0	195	195	6
0002	29/05/15	195	408	213	5
0003	25/07/15	859	1059	200	5
0004	16/10/15	1675	1975	300	5

**Fuente:** Cuadro 16

**Cuadro 18:** Valores obtenidos de nitración



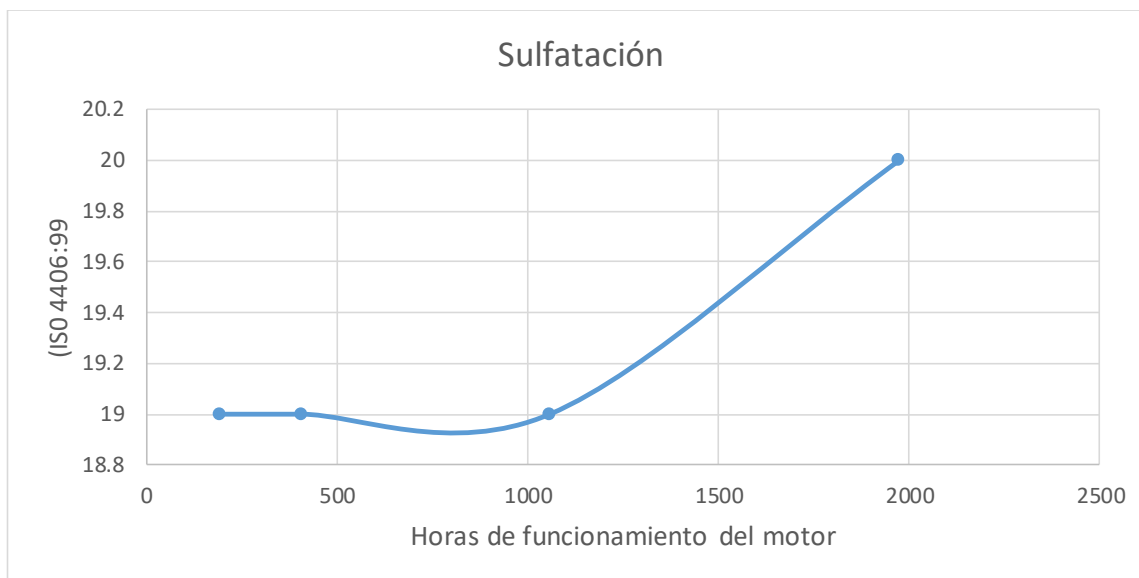
**Gráfica 20:** Valores obtenidos de nitración

**Fuente:** Cuadro 16

La nitración es una condición indeseable que indica que el aceite se está saturando con compuestos de óxido de nitrógeno solubles y / o insolubles. La reacción del nitrógeno con el aceite de base forma dos tipos de nitrógeno: nitratos orgánicos, que son el resultado de una reacción en las paredes del cilindro, y compuestos nitro, que son causados por un proceso de soplado por la que el gas reacciona con el aceite en el sumidero. En este caso se observa en la primera muestra un resultado por encima de las tres muestras siguientes, en las cuales no hay diferencia en las cantidades de nitración con respecto al incremento de horas, el incremento progresivo de la nitración trae como consecuencia el agotamiento de la reserva alcalina (BN) y la degradación por pérdidas de sus propiedades físicas- químicas del aceite, lo que resulta en un desgaste prematuro acortando la vida útil del motor.

PARÁMETROS DE SULFATACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	12/05/15	0	195	195	19
0002	29/05/15	195	408	213	19
0003	25/07/15	859	1059	200	19
0004	16/10/15	1675	1975	300	20

Cuadro 19: Valores obtenidos de sulfatación  
Fuente: cuadro 16



**Gráfica 21:** Valores obtenidos de sulfatación

**Fuente:** Cuadro 16

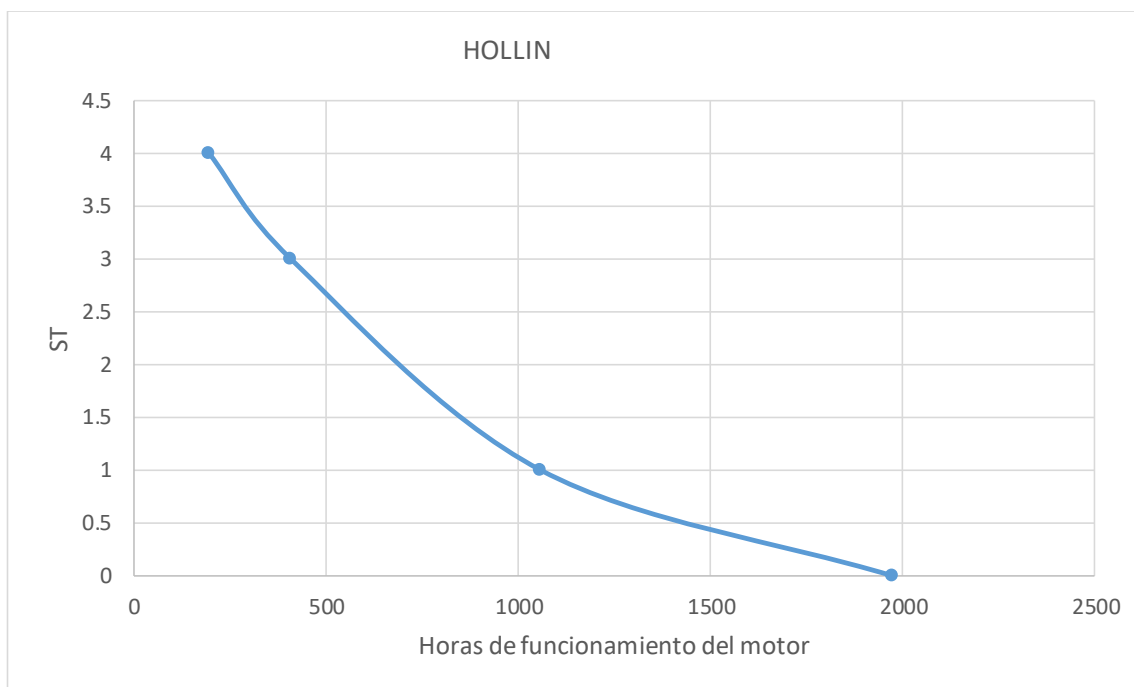
La disminución de las propiedades físico-químicas del lubricante es irreversible. Causadas por el aceite de base se combina con oxígeno, azufre y nitrógeno para formar compuestos nocivos. Otra causa es por el agotamiento de aditivo debido a reacciones con los contaminantes tales como el calor, las partículas de metal de aire, hollín, combustible y glicol. Los compuestos de azufre se encuentran generalmente en muchos aceites crudos. Sulfatación También puede resultar de la oxidación del azufre presente en el aceite de base. El azufre en el combustible diésel se combina con oxígeno durante el proceso de combustión para formar óxidos de azufre, tales como azufre dióxido de carbono, que se escapan en el sistema de lubricación del pistón alrededor de los anillos.



PARÁMETROS DE HOLLIN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	12/05/15	0	195	195	4
0002	29/05/15	195	408	213	3
0003	25/07/15	859	1059	200	1
0004	16/10/15	1675	1975	300	0

**Cuadro 20:** Valores obtenidos de Hollín

**Fuente:** Cuadro 16



**Gráfica 22:** Valores obtenidos de Hollín

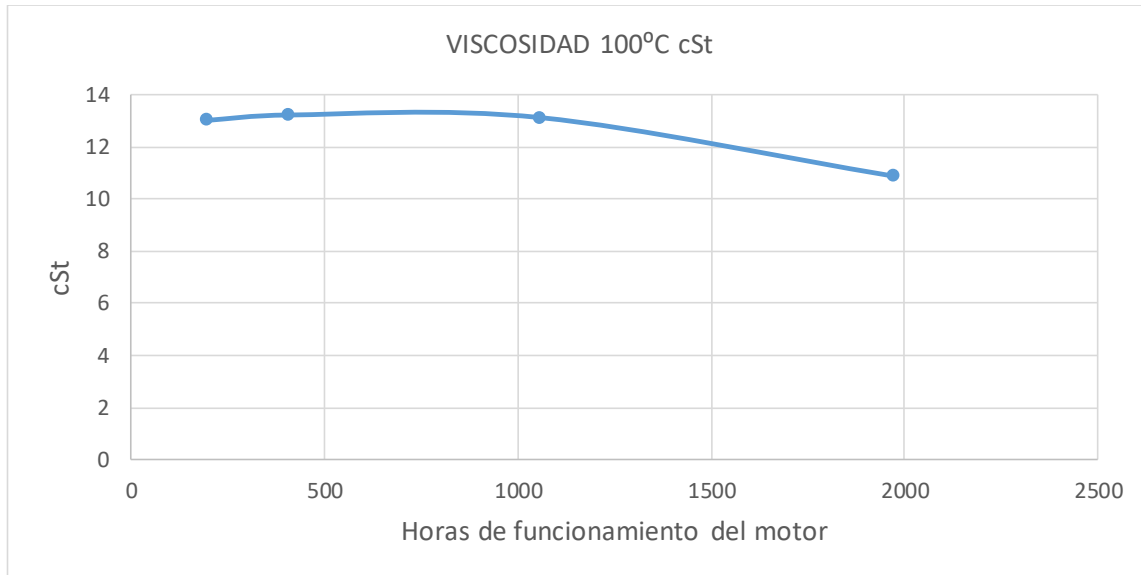
**Fuente:** Cuadro 16

Se presenta una reducción notable del índice de hollín en el aceite, lo que es una muestra de que hay una combustión incompleta. Las secuelas de tener un alto adjunto de hollín son espesamiento del aceite e incremento de la tasa de desgaste en el motor. La gráfica 22 ilustra la distribución de valores de metales por desgaste, en partes por millón (ppm), para las muestras obtenidas según el número de horas de operación del motor, se evidencia que existe una deducción progresiva.

PARÁMETROS DE VISCOSIDAD 100°C cSt					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	12/05/15	0	195	195	13
0002	29/05/15	195	408	213	13.2
0003	25/07/15	859	1059	200	13.1
0004	16/10/15	1675	1975	300	10.9

**Cuadro 21:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt

**Fuente:** Cuadro 16



**Gráfica 23:** Valores obtenidos de Hollín

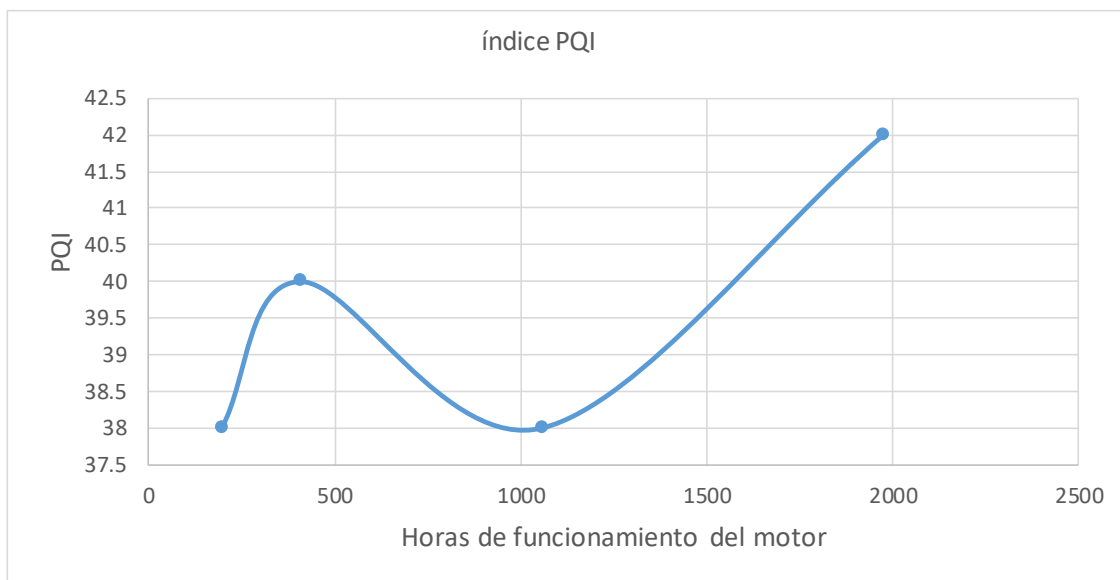
**Fuente:** Cuadro 16

Las tres primeras muestras presentan un parámetro de viscosidad manteniéndose a lo largo de las horas de desempeño del motor. Progresivamente existe una disminución de la viscosidad pronunciada en la cuarta muestra obtenida, la disminución de la viscosidad es producto de la dilución con aceite menos viscoso, contaminación por combustible, rotura de polímeros por cizallamiento, cizallamiento o rotura del aceite base. Esto acarrea una disminución de la protección de las superficies metálicas y por consiguiente un incremento de fricción y desgaste de las superficies. El límite superior de control corresponde a 13,2 cSt y el límite inferior de control 12,9 cSt.

PARÁMETROS DEL ÍNDICE PQI					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	12/05/15	0	195	195	38
0002	29/05/15	195	408	213	40
0003	25/07/15	859	1059	200	38
0004	16/10/15	1675	1975	300	42

**Cuadro 22:** Valores obtenidos de PQI

**Fuente:** Cuadro 16



**Gráfica 24:** Valores obtenidos de PQI

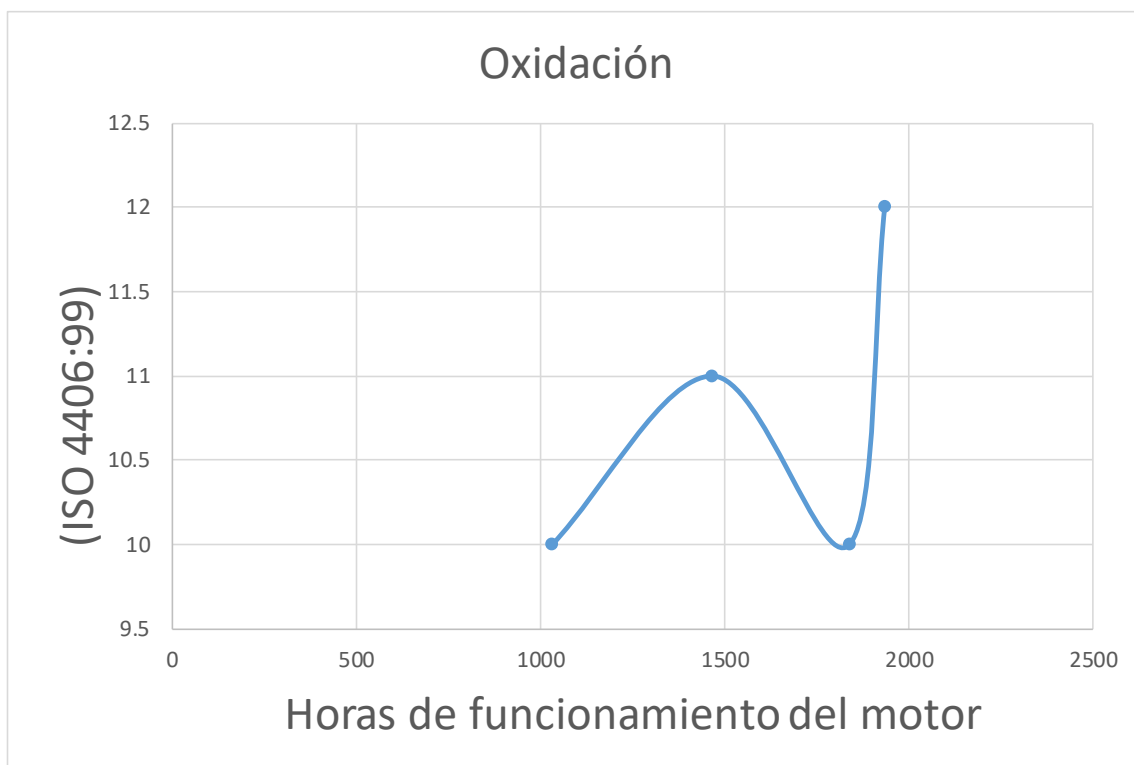
**Fuente:** Cuadro 16

El PQI es realmente una medida de la cantidad de hierro está presente (densidad ferrosa) en la muestra, las cantidades de otros elementos magnéticos son insignificantes. El PQI no muestra el tamaño - cuanto mayor sea el número, más hierro. Lo que el PQI está da a conocer se interpreta como un concepto de masa por capacidad o, en términos métricos, algo así como el hierro gramos por litro de aceite. En este caso se observa que en las tres primeras muestras existe un incremento y disminución del índice a través del tiempo, finalmente en la última muestra se puede notar que existe un incremento progresivo.

PARÁMETROS DE OXIDACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	30/06/15	1589	1839	250	10
0002	25/07/15	829	1029	200	11
0003	02/09/15	1267	1467	200	10
0004	16/10/15	1687	1937	250	12

**Cuadro 24:** Valores obtenidos de oxidación

**Fuente:** Cuadro 23



**Gráfica 26: Motor CAT C 6.4**

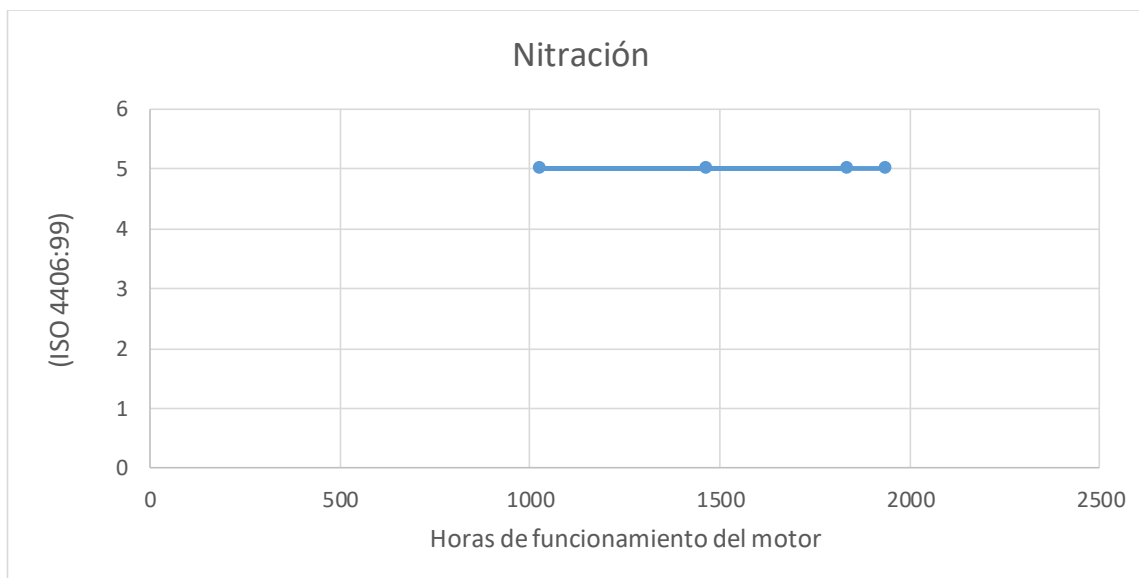
**Fuente:** Cuadro 23

En la gráfica 26 se muestra la evidencia de un aumento formidable de la oxidación en la tercera muestra en función del número de horas de trabajo del motor provocado por la diversas condiciones del ambiente de trabajo; esto quiere decir que las consecuencias que pueden generar la degradación, es la contaminación debido a la formación de lacas y barnices; el debilitamiento de los aditivos; y el aumento progresivo del desgaste; convirtiéndose en una amenaza para las componentes, ya que reduce la capacidad y la vida útil de estas, debido a que el aceite lubricante pierde sus propiedades físicas-química.

PARÁMETROS DE NITRACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	30/06/15	1589	1839	250	5
0002	25/07/15	829	1029	200	5
0003	02/09/15	1267	1467	200	5
0004	16/10/15	1687	1937	250	5

**Cuadro 25:** Valores obtenidos de nitración

**Fuente:** Cuadro 23



**Gráfica 27:** Motor CAT C 6.4

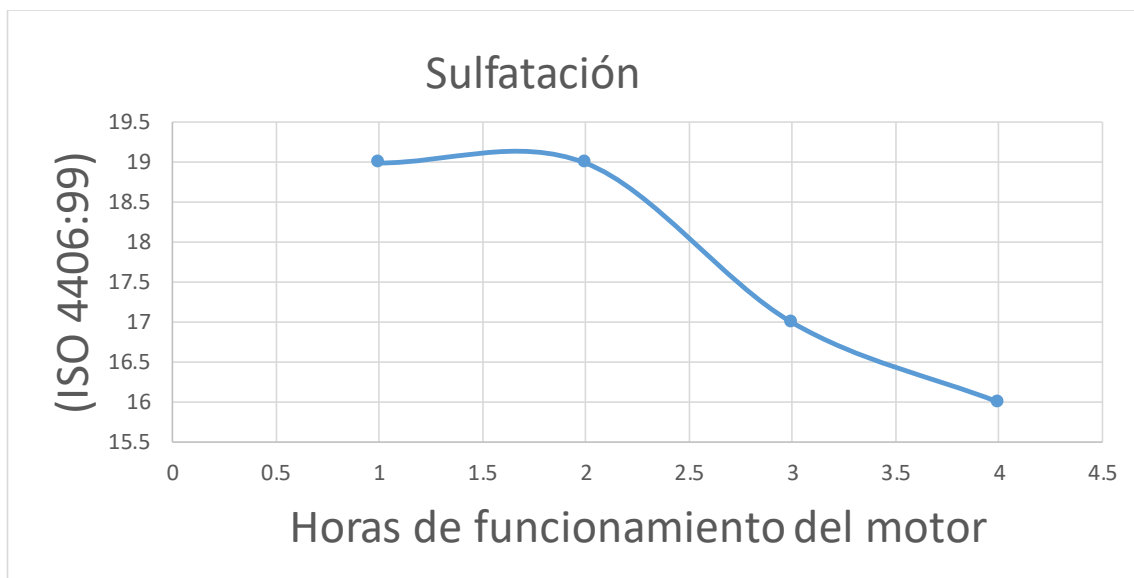
**Fuente:** Cuadro 23

La nitración es una situación villana que muestra que el aceite se está colmando con compuestos de óxido de nitrógeno solubles y / o insolubles. La rebeldía del nitrógeno con el aceite de base forma dos tipos de nitrógeno: nitratos orgánicos, que son el efecto de una reacción en las paredes del cilindro, y compuestos nitro, que son ocasionados por un proceso de soplado por la que el gas reacciona con el aceite en el sumidero. En este caso se observa que el resultado se mantiene en función del deterioro del aceite en el tiempo en las cuatro muestras obtenidas, el aumento progresivo de la nitración trae como efecto la extenuación de la reserva alcalina (BN) y la degradación por pérdidas de sus propiedades físicas- químicas del aceite, lo que resulta en un desgaste precoz disminuyendo la vida útil del motor.

PARÁMETROS DE SULFATACIÓN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	30/06/15	1589	1839	250	19
0002	25/07/15	829	1029	200	19
0003	02/09/15	1267	1467	200	17
0004	16/10/15	1687	1937	250	16

**Cuadro 26:** Valores obtenidos de sulfatación

**Fuente:** cuadro 23



**Gráfica 28:** Motor CAT C 6.4

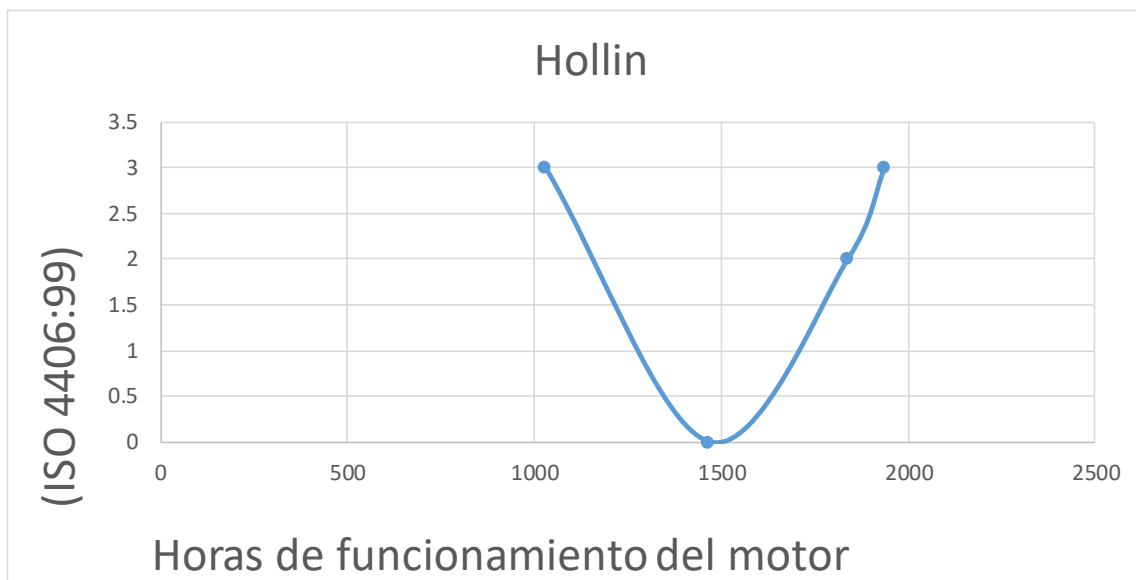
**Fuente:** Cuadro 23

La depreciación de las propiedades físico-químicas del lubricante es inquebrantable. Causadas por el aceite de base se combina con oxígeno, azufre y nitrógeno para integrar compuestos nocivos. Otra causa es por la extenuación de aditivo debido a reacciones con los contaminantes tales como el calor, las partículas de metal de aire, hollín, combustible y glicol. Los compuestos de azufre se aciertan generalmente en muchos aceites crudos. Sulfatación También puede repercutir de la oxidación del azufre presente en el aceite de base. El azufre en el combustible diésel se combina con oxígeno durante el proceso de combustión para formar óxidos de azufre, tales como azufre dióxido de carbono, que se escapan en el sistema de lubricación del pistón alrededor de los anillos.

PARÁMETROS DE HOLLIN					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	30/06/15	1589	1839	250	2
0002	25/07/15	829	1029	200	3
0003	02/09/15	1267	1467	200	0
0004	16/10/15	1687	1937	250	3

**Cuadro 27:** Valores obtenidos de Hollín

**Fuente:** Cuadro 23



**Gráfica 29:** Motor CAT C 6.4

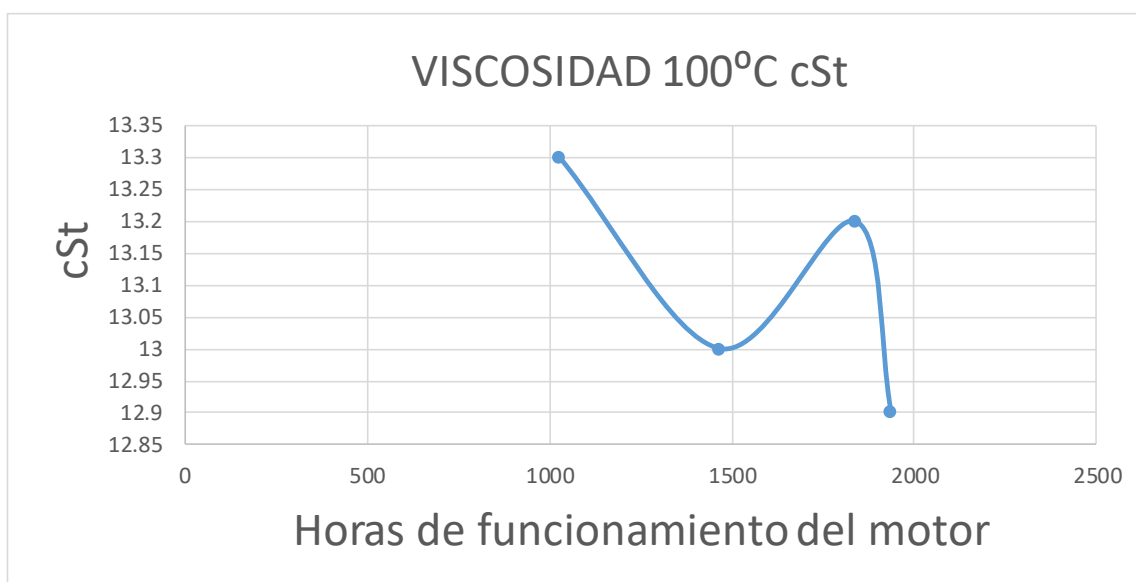
**Fuente:** Cuadro 23

Se presenta una reducción notable del índice de hollín en el aceite, lo que es una muestra de que hay una combustión completa. Las secuelas de tener un alto adjunto de hollín son espesamiento del aceite e incremento de la tasa de desgaste en el motor. La gráfica 29 ilustra la distribución de valores de metales por desgaste, en partes por millón (ppm), para las muestras obtenidas según el número de horas de operación del motor, se evidencia que existe una deducción progresiva.

PARÁMETROS DE VISCOSIDAD 100°C cSt					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	30/06/15	1589	1839	250	13.2
0002	25/07/15	829	1029	200	13.3
0003	02/09/15	1267	1467	200	13.0
0004	16/10/15	1687	1937	250	12.9

**Cuadro 28:** Valores obtenidos de viscosidad 100°C cSt

**Fuente:** Cuadro 23



**Gráfica 30:** Motor CAT C 6.4

**Fuente:** Cuadro 23

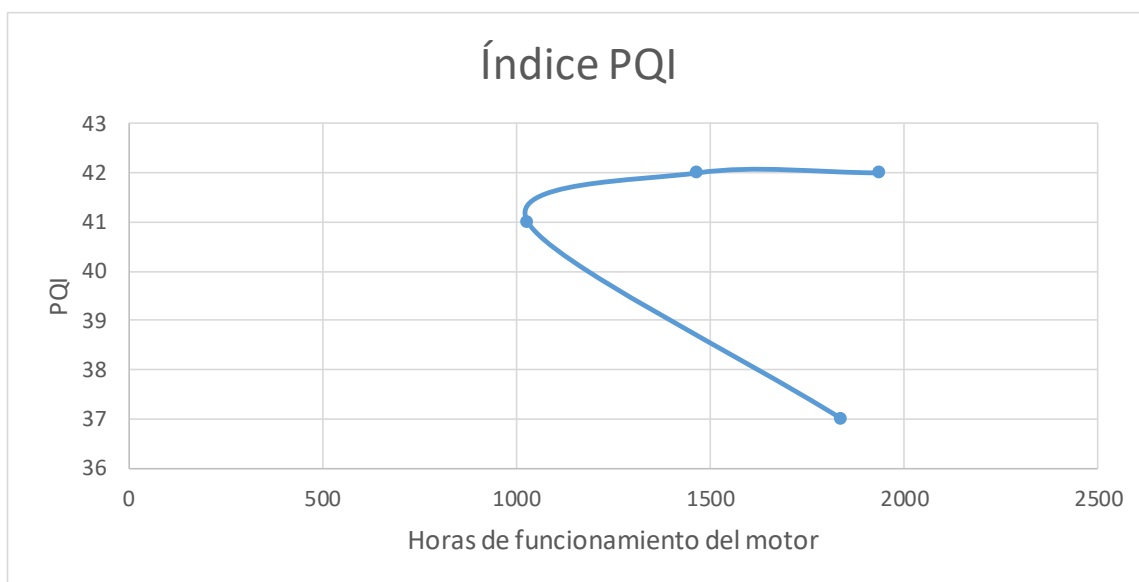
En la gráfica se puede dar a conocer una reducción progresiva de la viscosidad del aceite en función de las horas trabajadas e incluso llama mucho la atención que, a pesar de realizar el monitoreo mediante a la extracción de muestras de aceite; es necesario tomar acción inmediata para poder localizar la causa raíz de la falta de viscosidad del lubricante. Progresivamente existe una disminución de la viscosidad pronunciada en la cuarta muestra obtenida, la disminución de la viscosidad es producto de la dilución con aceite menos viscoso, contaminación por combustible, rotura de polímeros por cizallamiento, cizallamiento o rotura del aceite base. Esto acarrea una disminución de la protección de las superficies metálicas y por consiguiente un incremento de fricción y desgaste de las superficies. El límite superior de control corresponde a 13,2 cSt y el límite inferior de control 12,9 cSt.



PARÁMETROS DEL ÍNDICE PQI					
Muestra	Fecha	Hto Antes	Hto Después	Hrs de Hto	Dato Real
0001	30/06/15	1589	1839	250	37
0002	25/07/15	829	1029	200	41
0003	02/09/15	1267	1467	200	42
0004	16/10/15	1687	1937	250	42

**Cuadro 29:** Valores obtenidos de PQI

**Fuente:** Cuadro 23



**Gráfica 31:** Motor CAT C 6.4

**Fuente:** Cuadro 23

El PQI es realmente una medida de la cantidad de hierro está presente (densidad ferrosa) en la muestra, las cantidades de otros elementos magnéticos son insignificantes. El PQI no muestra el tamaño - cuanto mayor sea el número, más hierro. Lo que el PQI está da a conocer se interpreta como un concepto de masa por capacidad o, en términos métricos, algo así como el hierro gramos por litro de aceite. En este caso se observa que en las tres primeras muestras existe un incremento y disminución del índice a través del tiempo, finalmente en la última muestra se puede notar que existe un incremento progresivo.

## ANEXO 19

<b>Tipos de mantenimiento realizado según la frecuencia</b>		
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>CONTENIDO</b>
<b>PM1</b>	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo , cambio de filtros de aire.
<b>PM2</b>	500	PM1+cambio de filtros hidráulicos, cambio de filtros de transmisión.
<b>PM3</b>	1000	PM1+PM2+cambio de aceite de transmisión , cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de tornamesa.
<b>PM4</b>	2000	PM1+PM2+PM3+ cambio de aceite hidráulico , cambio de aceite de diferencial, calibración de válvulas de motor.
<b>Numero de mantenimientos tipo PM1- según la frecuencia actual para una maquina durante un año</b>		
<b>ITEM</b>	<b>HOROMETRO</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>
1	250	PM1
2	500	PM1+PM2
3	750	PM1
4	1000	PM1+PM2+PM3
5	1250	PM1
6	1500	PM1+PM2
7	1750	PM1
8	2000	PM1+PM2+PM3+PM4
9	2250	PM1
10	2500	PM1+PM2
11	2750	PM1
12	3000	PM1+PM2+PM3
13	3250	PM1
14	3500	PM1+PM2
15	3750	PM1
16	4000	PM1+PM2+PM3+PM4
17	4250	PM1
18	4500	PM1+PM2
19	4750	PM1
20	5000	PM1+PM2+PM3
21	5250	PM1
22	5500	PM1+PM2
23	5750	PM1
24	6000	PM1+PM2+PM3+PM4
<b>TOTAL MANTINIMIENTOS TIPO PM1 UN AÑO</b>		<b>24 MMTOS</b>

**BENEFICIO DE APLICAR EL SERVICIO DE ANALISIS DE ACEITE EN LA GESTION  
DEL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA**

<b>Numero de mantenimientos tipo PM1 con cambio óptimo de frecuencia para una maquina durante un año</b>		
<b>ITEM</b>	<b>HOROMETRO</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>
1	300	PM1
2	600	PM1+PM2
3	900	PM1
4	1200	PM1+PM2+PM3
5	1500	PM1
6	1800	PM1+PM2
7	2100	PM1
8	2400	PM1+PM2+PM3+PM4
9	2700	PM1
10	3000	PM1+PM2
11	3300	PM1
12	3600	PM1+PM2+PM3
13	3900	PM1
14	4200	PM1+PM2
15	4500	PM1
16	4800	PM1+PM2+PM3+PM4
17	5100	PM1
18	5400	PM1+PM2
19	5700	PM1
20	6000	PM1+PM2
<b>TOTAL MANTINIMIENTOS TIPO PM1 UN AÑO</b>		<b>20 MMTOS</b>

<b>LISTA DE REPUESTOS PARA MANTENIMIENTO DE MOTOR 250 HORAS</b>				
<b>MARCA</b>	CATERPILLAR			
<b>MODELO</b>	C6.4			
<b>POTENCIA</b>	103 KW(138 hp)			
<b>CAPACIDAD DEL CARTER</b>	7.9 GAL.			
<b>N° DE PARTE</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO (S/.)</b>	<b>P. TOTAL (S/.)</b>
1R-0739	FILTRO DE ACEITE	1	65.54	65.54
1R-0751	FILTRO DE COMBUSTIBLE	2	92.20	184.40
326-1644	FILTRO SEPARADOR	1	172.56	172.56
131-8822	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	242.62	242.62
131-8821	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	1	197.31	197.31
3E-9713	ACEITE DE MOTOR (BALDE X5 GLNS	2	210.97	421.94
		<b>PRECIO TOTAL REPUESTOS</b>		<b>S/. 1,284.36</b>

<b>COSTOS DE INVERSION PARA LA APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>INVERSION (S/.)</b>
1	Mantenimiento de motor a 250 horas	1284.36
2	muestra de aceite	44.2
3	Frasco de muestra	7
4	Toma rápida	7
5	Manguera	5
6	Bomba de vacío	70
7	Trapo	5
8	Mano de obra	119
9	Movilidad	70
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 1,611.56</b>

<b>DATOS PARA EL ANALISIS ECONOMICO</b>						
VENTA DEL MANTENIMIENTO PM1 (S/.)	4810.9					
COSTO DE PRODUCCIÓN DE SERVICION (S/.)	3608.1					
TASA DE DESCUENTO	11%					
<b>ANALISIS INCREMENTAL EN SOLES (S/.)</b>						
<b>RUBRO/PERIODO</b>						
		<b>ANO 0</b>	<b>ANO 1</b>	<b>ANO 3</b>	<b>ANO 4</b>	<b>ANO 5</b>
PROYECCIÓN DE Nº.DE MOTORES		40.00	44.00	48.00	52.00	56.00
INGRESOS	0.00	192436.00	211679.60	230923.20	250166.80	269571.56
INGRESOS POR VENTAS (SERVICIO MANTENIMIENTO)		192436.00	211679.60	230923.20	250166.80	269410.40
VALOR DE RESCATE						161.16
EGRESOS	115462.40	144324.00	158756.40	173188.80	187621.20	202053.60
COSTO DE PRODUCCION		144324.00	158756.40	173188.80	187621.20	202053.60
INVERSION (EQUIPOS, INSUMOS)	115462.40					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>-115462.40</b>	<b>48112.00</b>	<b>57734.40</b>	<b>62545.60</b>	<b>67517.96</b>
VALOR ACTUAL NETO - VAN	S/. 94,319.64					
TASA INTERNO DE RETORNO - TIR	38%					
	<b>FLUJO DE</b>					
<b>PERIODO</b>	<b>CAJA INCREMENTA</b>	<b>FLUJO ACUMULADO</b>				
AÑO 1	S/. 48,112.00	S/. 48,112.00				
AÑO 2	S/. 52,923.20	S/. 101,035.20				
<b>AÑO 3</b>	<b>S/. 57,734.40</b>	<b>S/. 158,769.60</b>				
AÑO 4	S/. 62,545.60	S/. 221,315.20				
AÑO 5	S/. 67,517.96					
SUMATORIA DE FLUJOS ANUALES	S/. 209,782.04					
INVERSION	S/. 115,462.40					
VALOR ACTUAL NETO - VAN	S/. 94,319.64					
TASA INTERNO DE RETORNO - TIR	38%					
RELACION BENEFICIO-COSTO (B/C) Prod. Inv	1.82					

**ANEXO 20**  
**CERTIFICADO**



**ANALISIS DE FLUIDOS S.O.S**  
**Reporte de Componente & Lubricante**

INFORMACION DEL EQUIPO		PM SERVICE INFORMATION	
<b>Numero Equipo:</b> SMG-04 <b>Marca de Equipo:</b> Caterpillar <b>Modelo de Equipo:</b> R1300 <b>Serie de Equipo:</b> 6QW00889 <b>Componente:</b> MOTOR	<b>Marca de Motor:</b> Caterpillar <b>Modelo de Motor:</b> <b>Serie de Motor:</b> <b>O/T Cliente:</b> <b>O/T Ferreyros:</b>	<b>Lugar Trabajo:</b> SAN CRISOBAL <b>Marca Aceite:</b> MOBIL <b>Nombre Aceite:</b> <b>Visc En Etiqueta:</b> 15W40 <b>PM:</b>	

Por Hrs/Operaci/Aceite, Rango/desgaste aceptables.  
Cond/Aceite Aceptable. Rango de Visc. Aceptable.

*Laboratorio S.O.S  
Jose Arana*

Informacion De La Muestra				ANALISIS DE ELEMENTOS (Partes por Millon)																		ANALISIS FT-IR							
Fecha Muestreo	Numero Laboratorio	Horas / Km		Cu	Fe	Cr	Ni	Ti	V	Cd	Ag	Pb	Sn	Al	Si	Na	K	Mo	B	Ba	Ca	Mg	Mn	P	Zn	Condicion Aceite			
		Del Equipo	Del Aceite																							Soot	Oxid	Nitr	Sulf
21-09-04	4396060	21344	306	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	2	1	0	1929	245	0	1055	911	104	25	33	30
21-09-04	4396060	21344	306	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	2	1	0	1929	245	0	1055	911	104	25	33	30
11-08-04	4389462	20872	245	2	8	0	0					1	0	2	4	0	0	0								83	20	26	17
25-07-04	4387302	20629	269	3	14	0	0					4	0	2	3	0	0	0								96	22	30	25
07-05-04	4372778	19667		0	4	0						0	1	2	2	0	0									35	20	11	8
26-04-04	4370522	19568	225	3	12	0						0	1	2	2	1	0									73	20	22	18
11-04-04	4368564	19344	250	2	15	0						2	3	3	2	1	0									88	20	24	18

HISTORIAL DEL ACEITE				CONTEO PARTICULAS (por 1 mL)										PQ	ISO	PVI	FISICOS			
Fecha Muestreo	Numero Laboratorio	Cambio		Visc En Etiqueta	Visc cSt 40°C	Visc cSt 100°C	>5µ	>10µ	>15µ	>20µ	>25µ	>50µ	>75µ	>100µ	Particulas Ferrosas	Codigo ISO	Volumen Particula	Reliquia	Dilucion Fuel	Agua
		Aceite	Filtro																	
21-09-04	4396060	No	No	15W40		13.9												Neg	Neg	Neg
21-09-04	4396060	No	No	15W40		13.9												Neg	Neg	Neg
11-08-04	4389462	Unk	Unk	15W40		14.1												Neg	Neg	Neg
25-07-04	4387302	Unk	Unk	15W40		13.8												Neg	Neg	Neg
07-05-04	4372778	Unk	Unk	15W40		13.3												Neg	Neg	Neg
26-04-04	4370522	Unk	Unk	15W40		13.4												Neg	Neg	Neg
11-04-04	4368564	Unk	Unk	15W40		13.9												Neg	Neg	Neg

FYI - Esta muestra, se firmo 3 dias en el lugar al S.O.S Lab.

SERVICIOS MINEROS GLORIA SA  
Attn: MR. F.P.

**204396060** **CATERPILLAR CERTIFIED - FULL SERVICE LABORATORY**  
 Fecha de Proceso SOS: 24/09/2004  
 Ferreyros SAA - Lab. Analisis Fluidos • Av. Industrial 675, Apartado 150, Lima-Perú • Telef: (511) 336-7070 • Fax: (511) 336-8844

# CERTIFICACION ISO 9001

## ANEXO 21



## ANEXO 22

### UBICACIÓN DEL TALLER DE SERVICIOS CAJAMARCA

El taller se encuentra ubicado en el Km. 5.2 Carretera a Cajamarca, Baños del Inca, en el taller de mecánica se dedica a la reparación y mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, tales como retroexcavadoras, cargadores frontales, Motoniveladoras, excavadoras, etc. Realizando trabajos con técnicos preparados con amplia experiencia para desarrollar los distintos trabajos encomendados con puntualidad y responsabilidad.





# INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA

## PAPER 01

### Implantación de Análisis de Aceite en Motores de Combustión Interna de Ciclo Diesel

Gabriel A. Arellano Ortiz

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador  
garellan@espol.edu.ec

Manuel Helguero G. Ing.

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador  
mhelguer@espol.edu.ec

#### Resumen

*El mantenimiento basado en condición (CBM) y el mantenimiento predictivo son estrategias que incrementan la confiabilidad de la maquinaria, permitiéndonos conocer su estado real y del lubricante que utiliza, sin necesidad de desarmarla. El objetivo principal de esta tesis es implantar el Análisis de Aceite (AA) en un motor de ciclo diesel de cuatro tiempos, a crudo y de operación continua, utilizando la metodología de interpretación denominada SACODE. El resultado de la interpretación del AA se complementa con el resultado de la interpretación de varios parámetros operacionales del motor del CBM.*

*Para el desarrollo de la metodología SACODE se establecieron los límites condenatorios del AA captando las muestras cada 250 horas. Las principales anomalías observadas en las tendencias del AA durante un año se presentan en el formato de reporte de AA. Complementario al AA y paralelamente, se realizó el monitoreo de los parámetros operacionales durante los últimos siete meses del AA. Asimismo las principales anomalías observadas de estos parámetros se presentaron en el formato de reporte de CBM. En las conclusiones se integran los diagnósticos del motor y del lubricante, determinando las causas que originarían las posibles fallas y las acciones correctivas que deben tomarse.*

**Palabras Claves:** *Mantenimiento basado en condición, mantenimiento predictivo, análisis de aceite, motor diesel, tribología, lubricación.*

#### Abstract

*The condition based maintenance (CBM) and predictive maintenance are strategies that increase the reliability of machinery, enabling us to know their actual condition and lubricant used without disarming it. The main objective of this thesis is to implement the Oil Analysis (OA) in a diesel engine four-stroke cycle, a crude and continuous operation, using the methodology of interpretation called SACODE. The result of the interpretation of OA is complemented by the result of interpretation of various operational parameters of the CBM engine.*

*To develop the methodology SACODE sentencing limits were established by picking up the OA samples every 250 hours. The main anomalies observed in AA trends for one year are presented in report form OA. Send the AA and in parallel, was conducted the monitoring of operational parameters during the last seven months of AA. Also the main anomalies of these parameters were presented in report form CBM. The conclusions are integrated diagnostics engine and lubricant, determining the causes that originate the possible fails and corrective actions to be taken.*

**Keywords:** *Predictive maintenance, condition based maintenance, oil analysis, diesel engine, tribology, lubrication.*

## PAPER 02

# REVISIÓN DEL PROCESO DE LA DEGRADACIÓN EN LOS ACEITES LUBRICANTES EN MOTORES GNC Y DIESEL

Vicente Macián-Martínez Dr. Ingeniero Mecánico  
Bernardo Tormos-Martínez Dr. Ingeniero Mecánico  
Vicente Bermúdez-Tamarit Dr. Ingeniero Mecánico  
Yesid-Antonio Gómez-Estrada Ingeniero Químico

## A REVIEW OF DEGRADATION PROCESS ON CNG AND DIESEL ENGINES LUBRICANT OILS

ABSTRACT:	RESUMEN:
<p>In this study, a representative sample of urban buses, powered with CNG and Diesel engine technologies and working on urban duty operation, have been studied in order to evaluate engine oil evolution of degradation. Main parameters evaluated have been related with oil degradation: oxidation, nitration, viscosity, Antioxidant additives depletion, antiwear, TAN, TBN and RUL Number.</p> <p>Results obtained have shown higher degradation rates for oils used on CNG engines than Diesel engine. CNG engines studied showed a high thermal and mechanical stress, and lower oil sump volume. Experience with FT-IR technique on degradation study allowed to define optimal spectral ranges to quantify the changes of oxidation, nitration and fuel dilution problem in MCIA.</p> <p>Keywords: Degradation, compressed natural gas engine, oxidation, nitration, RUL - remaining useful life number and oil stress factor.</p>	<p>En este estudio, una muestra representativa de autobuses de servicio urbanos, con motorizaciones GNC y Diesel, han sido estudiados con el fin de evaluar la evolución de la degradación de sus aceites. Los principales parámetros evaluados en relación con la degradación del aceite son: oxidación, nitración, viscosidad, agotamiento de los aditivos antioxidantes amínicos, antidesgaste, TAN, TBN y el número RUL.</p> <p>Los resultados obtenidos evidencian mayores tasas de degradación de los aceites usados en los motores GNC frente a los motores Diesel. Los motores de GNC estudiados presentan una mayor exigencia a sus aceites al contar con mayores sollicitaciones térmicas, mecánicas, y menor volumen del cárter de aceite. La experiencia adquirida con la aplicación de la técnica de FT-IR para el estudio de la degradación, ha permitido definir rangos espectrales óptimos para cuantificar los cambios de oxidación, nitración y presencia de combustible en MCIA.</p> <p>Palabras clave: Degradación, motores de gas natural comprimido, oxidación, nitración, RUL - vida remanente del aceite, factor de estrés del aceite</p>

### 1.- INTRODUCCION

Durante el desarrollo de este trabajo, dos tipos de motores de combustión interna alternativos han sido considerados: Gas Natural Comprimido (GNC) y Diesel, como las configuraciones de mayor aplicación actual en flotas de transporte urbano. Estos motores presentan diferencias significativas entre otras como son sus ciclos termodinámicos y las características de los combustibles empleados, pero sobre todo presentan algunas diferencias muy importantes de cara al proceso de degradación del aceite lubricante, a pesar de contar con el mismo periodo de servicios según sus fabricantes. Los motores GNC cuentan con una presencia muy baja de materia carbonosa en los productos de la combustión y carecen de problemas por dilución de combustible al utilizar un combustible gaseoso<sup>1</sup>. Con una combustión más "limpia" frente a la combustión de gasoil, los requerimientos para los aceites lubricantes en motores GNC cuentan con menores exigencias en cuanto a capacidad de detergencia y dispersancia, lo que permite a estos aceites ser formulados con menores niveles de contenido en cenizas, reduciendo la probabilidad de formación de depósitos que puedan provocar problemas de detonación. En contra posición, las mayores temperaturas de combustión en motores GNC, conducirán a mayores niveles de oxidación y nitración del aceite, como consecuencia de dichas sollicitaciones térmicas llegando a ocasionar en muchos casos altos niveles de degradación del aceite lubricante<sup>2,3</sup>.

A pesar de las ventajas presentadas en estos motores de tipo GNC, trabajos previos desarrollados por la línea de investigación del Departamento de Maquinas y Motores Térmicos de la UPV<sup>4-6</sup> muestran que al utilizar un aceite de tipo mineral en vehículos GNC con las características de los motores estudiados, presentan una clara disminución de los paquetes de aditivos, incrementos en la acidificación del

## **PAPER 03**

*Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)  
"Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity" August 14 - 16, 2013 Cancun, Mexico.*

# **APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. CASO ESTUDIO: ANALISIS DE ACEITE USADO EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA**

**Francisco Saldivia**

UNEXPO Barquisimeto, Lara, Venezuela, fsaldivi@gmail.com

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento del motor a través del monitoreo de las propiedades físico - químicas y contaminación del lubricante y será llevado a cabo a través pruebas de laboratorio, con las cuales se obtendrán las tendencias dependiendo del tiempo de funcionamiento del motor y se establecerán relaciones entre las propiedades que servirán para la toma de decisiones respecto al mantenimiento del equipo. El estudio se realizó en un motor de combustión interna de encendido por compresión con un procedimiento de arranque y calentamiento que consistió en el funcionamiento del motor sin carga, velocidad de ralentí. Como resultado se obtiene una medida del efecto del contenido de combustible en la estabilidad de la película lubricante a través de la viscosidad, la cual no tiene mayor influencia en los metales de desgaste ya que se mantienen controlados, al igual que los niveles de aditivación, pero obliga a actuar sobre los parámetros operativos del equipo con la finalidad de corregir el problema de la contaminación con combustible.

**Palabras claves:** Lubricantes, mantenimiento basado en la condición, análisis de aceites, motor de combustión interna.

### **ABSTRACT**

The objective of this study is to evaluate the behavior of the motor by monitoring the physical - chemical properties and pollution of the lubricant and will be conducted through laboratory tests, which are obtained with trends depending on the engine operating time and establish relationships between the properties that will serve for making decisions regarding maintenance. The study was conducted in an internal combustion engine with compression ignition starting and operating procedure unloaded motor, idle speed. The result is a measure of the effect of oil content of the lubricant film stability via viscosity, which has no more influence on wear metals since they remain controlled, as levels of additives, but forces acting on the operating parameters of the equipment in order to correct the problem of fuel contamination.

**Keywords:** Lubricants, condition-based maintenance, oil analysis, internal combustion engine.

### **I. INTRODUCCION**

El presente trabajo tiene como propósito el análisis de un aceite lubricante usado en motores de combustión interna a través del estudio de las propiedades físicas y químicas de dicho lubricante.

El análisis y monitoreo del aceite lubricante, brinda mayor confiabilidad acerca del estado real en el que se encuentra el motor, y previene fallas y paradas no planificadas. En los motores de combustión interna, donde el combustible es quemado, la lubricación se ve enormemente dificultada debido a los fenómenos adicionales y más exigentes a los que se debe enfrentar: altas temperaturas, productos de la combustión y residuos que pueden contaminar el lubricante, altos esfuerzos, entre otros. La metodología utilizada permite generar una referencia para estudios posteriores sobre el tema y puede ser aplicada a otros equipos.