



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DETERMINACIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO  
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN  
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**

**Williams José Monroy Bernal**

Asesorado por el Ing. Luis Fernando Guillén Fernández

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO  
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN  
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**WILLIAMS JOSÉ MONROY BERNAL**

ASESORADO POR EL ING. LUIS FERNANDO GUILLÉN FERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

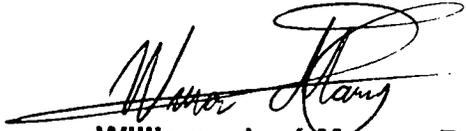
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Gerson Rafael López Chen
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO  
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN  
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha mayo de 2012.



**Williams José Monroy Bernal**

Guatemala 9 de septiembre de 2013

Ingeniero  
Julio Cesar Campos Paiz  
Director de Escuela, Ingeniería Mecánica  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Ingeniero Campos:

Cordialmente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado **DETERMINACION DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081** elaborado por el estudiante Williams José Monroy Bernal.

Habiendo determinado que el presente, cumple con los lineamientos establecidos por la Facultad de Ingeniería y que el mismo es de utilidad , doy mi respectiva autorización, por lo que ruego a usted se sirva dar el visto bueno para que este sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad de Ingeniería.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

  
Luis Fernando Guillén Fernández  
Colegiado 6109

Ing. Mec. Luis Fernando Guillén  
M.A. INGENIERIA DE MANTENIMIENTO  
COLEGIADO No. 6109



El Coordinador del Área Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado DETERMINACIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081 del estudiante **WILLIAMS JOSÉ MONROY BERNAL**, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
**Coordinador de Área**

Guatemala, septiembre de 2013.

/behdei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado, **DETERMINACIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**, del estudiante **Williams José Monroy Bernal**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



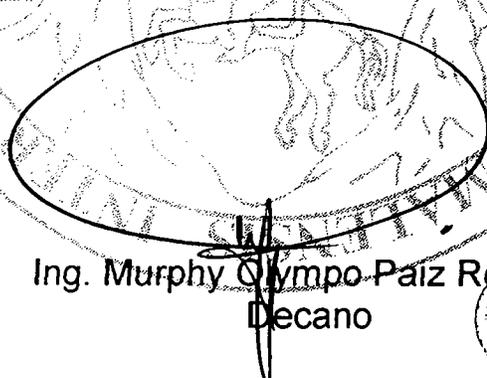
Guatemala, octubre de 2013

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO COMO RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ACEITE USADO PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**, presentado por el estudiante universitario **Williams José Monroy Bernal**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Resinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2013

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Dador de la vida, la inteligencia y las posibilidades para poder realizar el presente proyecto y terminar mi carrera universitaria.
- Mis padres** Blanca Bernal de Monroy y Jorge Mauricio Monroy (q.e.p.d.), por enseñarme a ser una persona de bien, dedicada y trabajadora. Por haberme facilitado los recursos económicos, por darme su ejemplo y apoyo incondicional, me debo a ustedes.
- Mis hermanos** Jorge Monroy y Flor Monroy, por ser mis primeros amigos y por hacerse presentes en mi vida, cada vez que los he necesitado.
- Mis tíos** Por su constante motivación para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por respaldar mis proyectos y permitirme seguir el camino en donde me puedo desempeñar haciendo lo que más me gusta.
- USAC** Por darme la oportunidad de ser parte de su comunidad educativa y gran casa de estudios. .
- Facultad de Ingeniería** Por ser un ente forjador de profesionales.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. ANTECEDENTES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081 .....	1
1.1. Historia del motor .....	1
1.2. Funcionamiento del motor .....	2
1.2.1. Partes del motor .....	3
1.2.2. Características del motor .....	6
1.3. Mantenimiento preventivo del motor.....	8
1.4. Recomendación de lubricantes .....	11
2. TEORÍA BÁSICA DE LUBRICACIÓN .....	15
2.1. Fricción y desgaste.....	15
2.2. Composición de los lubricantes .....	16
2.3. Aditivos y sus características.....	16
2.4. Principios básicos de lubricación, características y conocimiento de los lubricantes.....	21
2.5. Características y beneficios del lubricante utilizado .....	24
2.5.1. Ventajas.....	24
2.5.2. Aprobaciones cumplidas.....	25

3.	ANÁLISIS DE ACEITE USADO PARA UNA MCI MARCA JOHN DEERE	
	MODELO 6081 .....	27
3.1.	Concepto de análisis de aceite usado.....	27
3.2.	Ventajas de utilizar el análisis de aceite usado como herramienta para la detección y prevención de fallas .....	28
3.3.	Forma correcta de extracción de una muestra de aceite .....	28
3.4.	Otras herramientas para la detección y prevención de fallas...	31
3.5.	Análisis de campo del motor en mención.....	33
3.5.1.	Análisis VOSO (ver, oír, sentir y oler).....	33
3.5.2.	Condiciones de operación .....	38
3.5.3.	Medio ambiente de operación .....	40
3.6.	Interpretación del análisis de aceite usado .....	40
3.6.1.	Verificación de parámetros de desgaste de elementos metálicos.....	41
3.6.2.	Verificación de aditivos y contaminantes internos y externos.....	42
3.7.	Determinación de la rutina de mantenimiento predictivo del motor en mención.....	50
3.7.1.	Recolección de datos .....	50
3.7.2.	Interpretación de los datos .....	61
3.7.3.	Rutina de mantenimiento predictivo .....	64
	CONCLUSIONES.....	67
	RECOMENDACIONES .....	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Vista lateral del motor John Deere 6081 .....	2
2.	Bloque del motor John Deere 6081 .....	3
3.	Cigüeñal del motor John Deere 6081 .....	4
4.	Culata y válvulas del motor John Deere 6081 .....	5
5.	Bomba inyectora del motor John Deere 6081 .....	5
6.	Dimensiones del motor John Deere 6081 .....	7
7.	Lubricante recomendado para el motor John Deere 6081 .....	12
8.	Acción detergente de los aditivos.....	17
9.	Acción dispersante de los aditivos .....	18
10.	Funcionamiento del mejorador de índice de viscosidad.....	19
11.	Película antidesgaste y de extrema presión.....	20
12.	Acción de inhibidores de herrumbre y corrosión .....	21
13.	Bomba de extracción de aceite .....	31
14.	Análisis VOSO (ver, oír, sentir y oler) .....	33
15.	Motor John Deere 6081 número 20635 .....	53
16.	Motor John Deere 6081 número 26777 .....	55
17.	Motor John Deere 6081 número 65797 .....	58
18.	Motor John Deere 6081 número 66264 .....	61
19.	Mantenimiento del motor John Deere modelo 6081 .....	65

### TABLAS

I.	Características técnicas del motor John Deere 6081 .....	6
----	--	---

II.	Mantenimiento preventivo del motor John Deere 6081 .....	9
III.	Hoja de datos para la toma de muestra de aceite .....	30
IV.	Lista de chequeo para el motor John Deere 6081.....	37
V.	Condiciones de operación del motor John Deere 6081.....	39
VI.	Medio ambiente de operación del motor John Deere 6081 .....	40
VII.	Parámetros de desgaste de elementos metálicos.....	41
VIII.	Verificación de aditivos.....	44
IX.	Verificación de agentes internos y externos.....	45
X.	Fuentes de alta y baja viscosidad en el lubricante .....	47
XI.	Identificación de los motores utilizados .....	51
XII.	Recolección de datos del motor número 20635 .....	52
XIII.	Recolección de datos del motor número 26777 .....	54
XIV.	Recolección de datos del motor número 65787 .....	56
XV.	Recolección de datos del motor número 66264 .....	59
XVI.	Tabla resumen de promedio de la recolección de datos .....	62
XVII.	Rutina de mantenimiento a 350 horas.....	65

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Q</b>	Caudal a sección llena
<b>cSt</b>	Centistock
<b>D</b>	Diámetro
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>km</b>	Kilómetro
<b>l</b>	Litros
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>L</b>	Longitud
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>mm</b>	Milímetros
<b>ppm</b>	Partículas por millón
<b>in</b>	Pulgadas
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P</b>	Presión



## GLOSARIO

<b>Análisis físico-químico</b>	Conjunto de técnicas y procedimientos de laboratorio mediante los cuales se determinan los componentes físicos y químicos presentes en una muestra.
<b>Asignación</b>	Acción y efecto de asignar.
<b>ASTM</b>	Asociación americana de ensayos y materiales.
<b>API</b>	Instituto Americano del Petróleo.
<b>Avería</b>	Daño que impide el funcionamiento de un aparato, instalación, vehículo.
<b>Bases de diseño</b>	Bases técnicas adoptadas para el diseño de un proyecto.
<b>Calidad</b>	Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor.
<b>Cojinetes</b>	Pieza o conjunto de piezas en que se apoya y gira el eje de un mecanismo.
<b>Contaminación</b>	Efecto nocivo sobre el medio ambiente que afecta a todos los seres vivos.

<b>Corrosivo</b>	Que corroe o tiene virtud de corroer.
<b>Demulsibilidad</b>	Propiedad que tiene un lubricante de separar el agua.
<b>Diagnostico</b>	Arte o acto de conocer la naturaleza de una avería mediante la observación de sus síntomas y signos.
<b>Estrategia</b>	En un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento.
<b>Estructura</b>	Distribución y orden con que está compuesta una obra de ingenio.
<b>Evaluación</b>	Acción y efecto de evaluar.
<b>Falla</b>	Quiebra que los movimientos geológicos han producido en un terreno.
<b>Fallo</b>	Falta, deficiencia o error.
<b>Ficha técnica</b>	Lista de datos de un equipo, que se consignan medidas y señales individuales para su identificación, empleada con fines técnicos.
<b>Hodómetro</b>	Mecanismo que mide el kilometraje de una unidad o componente

<b>Implementar</b>	Poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, para llevar algo a cabo.
<b>Industria</b>	Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales.
<b>Integridad</b>	Cualidad de integro.
<b>Interconectados</b>	Todas las partes de un sistema que interactúa con y depende el uno del otro, simplemente por el hecho de ocupar el mismo sistema, y que un sistema es difícil o imposible a veces para analizar a través de sus partes individuales considerarse por sí solo.
<b>Lubricación</b>	Engrasar piezas metálicas de un mecanismo para disminuir su rozamiento.
<b>Máquina</b>	Conjunto de mecanismos.
<b>Marca</b>	Título que concede el derecho exclusivo a la utilización de un signo para la identificación de un producto o un servicio en el mercado.
<b>Mecanismos</b>	Piezas que interactúan entre sí para generar un movimiento.
<b>Oxidación</b>	Acción y efecto de oxidar u oxidarse.

<b>Presión</b>	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
<b>Prioridad</b>	Anterioridad o precedencia de algo respecto de otra cosa que depende o procede de ello.
<b>Procedimientos</b>	Es el modo de ejecutar determinadas acciones que suelen realizarse de la misma forma, con una serie común de pasos claramente definidos, que permiten realizar una ocupación, trabajo, investigación, o estudio correctamente.
<b>Proceso</b>	Es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) con un fin determinado.
<b>Rutinas</b>	Secuencia invariable de instrucciones que forman parte de un programa y se puede utilizar repetidamente.
<b>SAE</b>	Sociedad de ingenieros automotrices.
<b>Sílice</b>	Material del cual está constituido el polvo.
<b>Sistema</b>	Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

<b>Sistema hidráulico</b>	El sistema hidráulico por un fluido, “agua o aceite”.
<b>Técnicas</b>	Habilidad para ejecutar cualquier cosa, o para conseguir algo.
<b>Tratamiento</b>	Conjunto de operaciones y procesos unitarios que se realizan sobre algún material, con el fin de modificar sus características físicas, químicas o bacteriológicas, para mejorar sus cualidades.
<b>Válvula</b>	Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene una guía para la creación de una rutina de mantenimiento predictivo para un motor John Deere modelo 6081, por medio de la utilización de los resultados de un análisis de aceite usado. Asimismo, se indica las características técnicas y partes que componen a los motores John Deere modelo 6081. Se indica la rutina de mantenimiento y el lubricante a utilizar según el fabricante.

La teoría de lubricación es necesaria para entender los distintos tipos de aditivos y propiedades que posee cada lubricante, esto con el fin de poder realizar el análisis de aceite usado. El conocimiento de las características del lubricante utilizado es importante para saber las aprobaciones cumplidas y las ventajas que el lubricante posee sobre otros.

Se pretende dar una idea clara y general del concepto de análisis de aceite usado y las ventajas de realizar dicho análisis. Es importante la extracción correcta de la muestra para obtener resultados precisos. Existen otros métodos para la detección de falla, como lo son los ensayos no destructivos. Una herramienta muy importante para antes de hacer un mantenimiento predictivo es el análisis VOSO (ver, oír, sentir y oler) que indica de una forma rápida y sencilla el estado del equipo. Para la interpretación de los análisis de aceite, es necesario contemplar el medio ambiente de operación, así como las condiciones de operación para después determinar la rutina de mantenimiento predictivo después de recolectar datos, interpretarlos y crear la nueva rutina.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer una guía para la determinación de la rutina de mantenimiento predictivo como resultado del análisis de muestras de aceite usado para un motor de combustión interna marca John Deere modelo 6081.

### **Específicos**

1. Brindar un procedimiento adecuado y simple de cómo realizar un análisis de aceite, ya sea nuevo o usado a un MCI marca John Deere modelo 6081.
2. Dar el conocimiento sobre los procedimientos necesarios para la implementación de un mantenimiento predictivo utilizando análisis de aceite en un motor de combustión interna.
3. Saber cómo interpretar los resultados de un análisis de aceite usado.
4. Especificar las guías necesarias para la implementación de los programas y estrategias a utilizar para el análisis de aceite usado como un complemento del mantenimiento predictivo.
5. Prevenir mantenimientos correctivos a los equipos, anticipando las fallas y desgastes.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es una guía para la predicción de los mantenimientos realizados a un motor utilizando análisis de aceite usado, debido a que el aceite transporta y contiene toda la información acerca de los contaminantes y partículas de desgaste dentro del motor. El análisis de aceite es una técnica simple, que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona resultados que contienen información con respecto a la salud del lubricante, contaminación del lubricante y desgaste de la maquinaria, estos análisis se llevaron a cabo para monitorear el estado interno del motor John Deere 6081, los resultados contribuyen a la determinación de una rutina de mantenimiento predictivo del motor, así como el tipo de lubricante que debe utilizarse.

Asimismo, se indican los instrumentos y técnicas que deben utilizarse para llevar a cabo los muestreos en motores marca John Deere modelo 6081.

Se tendrá en cuenta la interpretación de los análisis de aceite realizados por que esto permitirá monitorear el estado de desgaste de los equipos, detectar fallas incipientes, sino también establecer un programa de lubricación basado en condición.

Los resultados ayudaran a establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente, con el fin de establecer un mantenimiento predictivo.



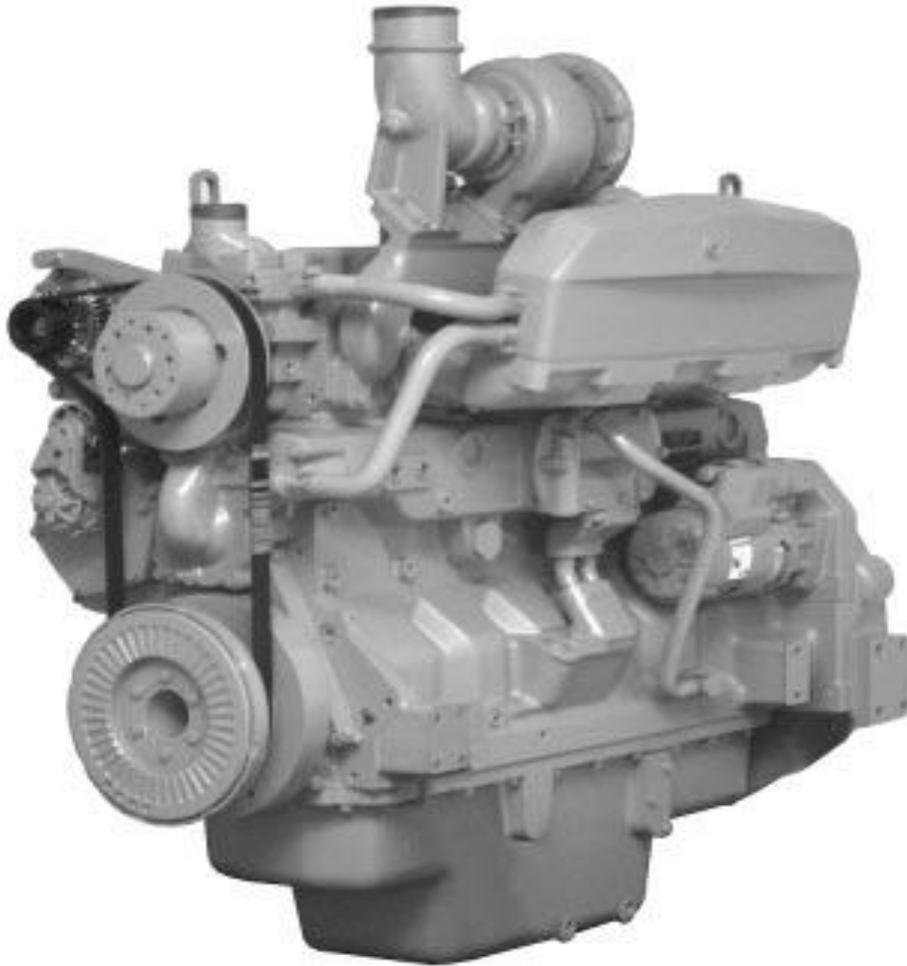
# **1. ANTECEDENTES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**

## **1.1. Historia del motor**

En 1837, John Deere, herrero e inventor, no poseía más que una herrería, un trozo desechado de acero pulido y una idea que ayudaría a los agricultores dando una vuelta de tuerca a la agricultura para la posteridad. Su idea fue crear arados para remover la tierra de los cultivos. En 1918 John Deere adquiere la empresa fabricante de tractores Waterloo Boy. El tractor pasa a formar parte de la gama básica de productos. Después en 1975 la fábrica John Deere Davenport Works, situada en Davenport, Iowa, entra en funcionamiento con la fabricación de componentes industriales y de equipos.

El motor John Deere modelo 6081 es fabricado en su primera versión a partir de 1996, desde el número de serie 000,001 hasta el número de serie 199,999. La segunda versión del motor John Deere 6081 se rediseñó para satisfacer las normas de emisiones del 2001. La versión reseñada comienza su fabricación desde los números de serie de 200,000 en adelante.

Figura 1. **Vista lateral del motor John Deere 6081**



Fuente: Manual de Reparaciones del motor John Deere 6081.

## **1.2. Funcionamiento del motor**

Para el motor John Deere modelo 6081 es necesario tomar en cuenta las partes y características técnicas del motor, esto con el fin de comprender el funcionamiento y las especificaciones que este posee.

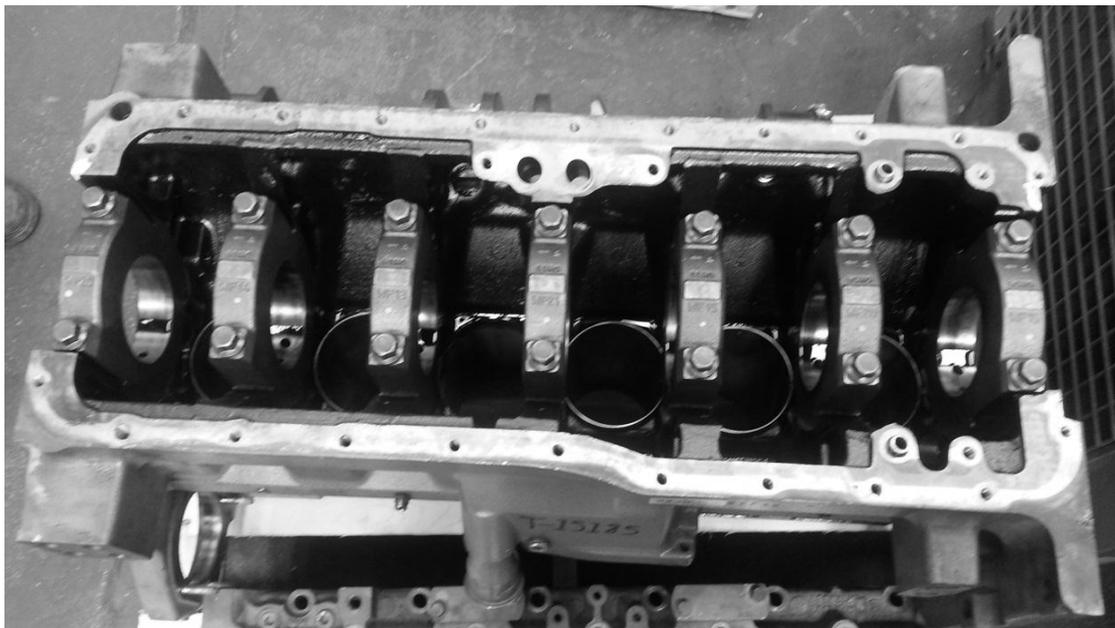
### 1.2.1. Partes del motor

Según Orantes un motor de combustión interna es básicamente una máquina que mezcla oxígeno con combustible gasificado. Una vez mezclados internamente y confinados en un espacio denominado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse (combustión).

El motor John Deere modelo 6081 funciona con un ciclo diesel y posee los mismos mecanismos de cualquier otro motor entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

Bloque del motor que se muestra en la figura 2 este es la base de todo el motor.

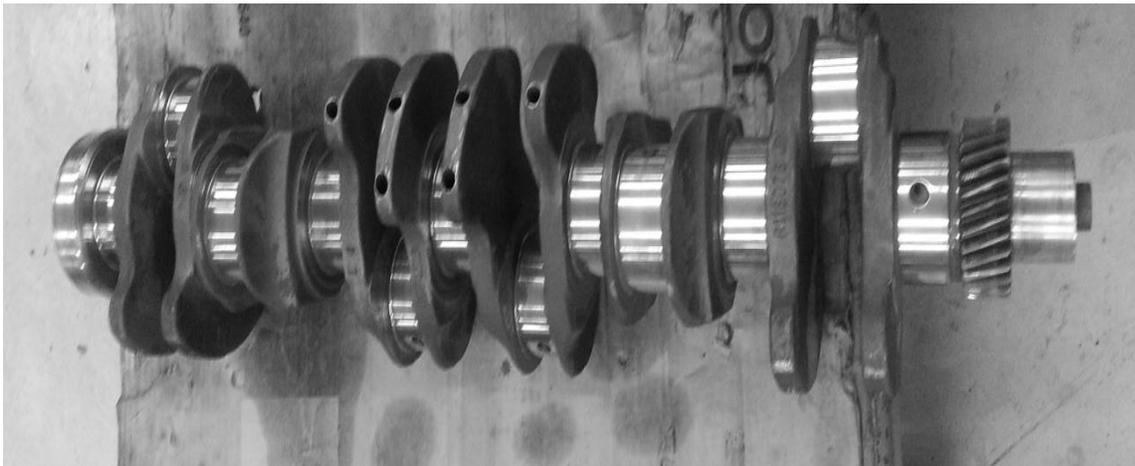
Figura 2. **Bloque del motor John Deere 6081**



Fuente: Taller de reparaciones Coguma S.A.

En el interior del bloque del motor se encuentra el cigüeñal que se observa en la figura 3, este convierte el movimiento rectilíneo de los pistones en movimiento circular.

Figura 3. **Cigüeñal del motor John Deere 6081**

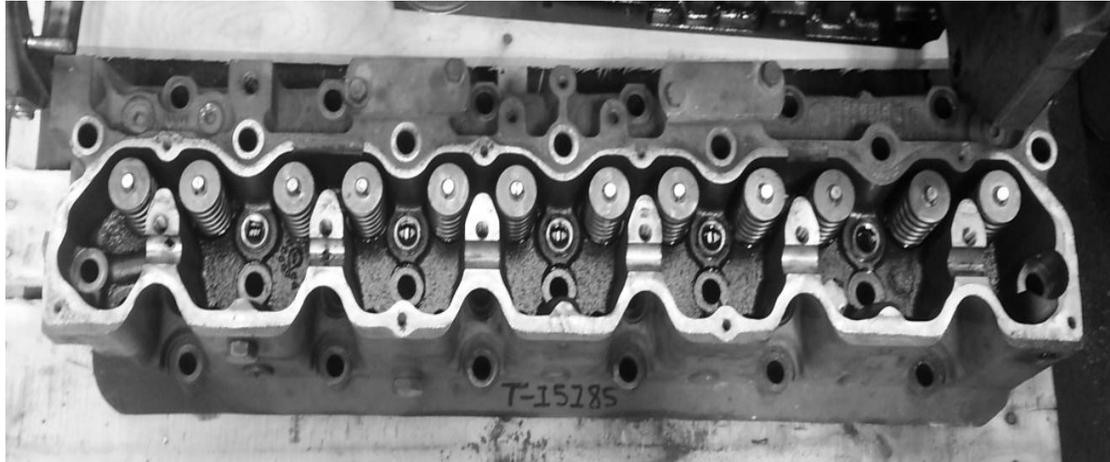


Fuente: Taller de reparaciones Coguma S.A.

En la parte superior del bloque del motor se encuentra la culata como se muestra en la figura 4 que es la que contiene las válvulas de admisión y escape, es la encargada de mantener el tiempo en el motor, además de contener a los inyectores con sus respectivas toberas que ayudan con la atomización del combustible en la cámara de combustión, en la parte inferior se tiene el cárter que tiene la función de contener el aceite lubricante que circula por todo el motor y ayuda a evitar el desgaste, el sobrecalentamiento, la oxidación, entre otras funciones en las piezas móviles y metálicas del motor.

El motor cuenta con válvulas a la cabeza, una de admisión y una de escape.

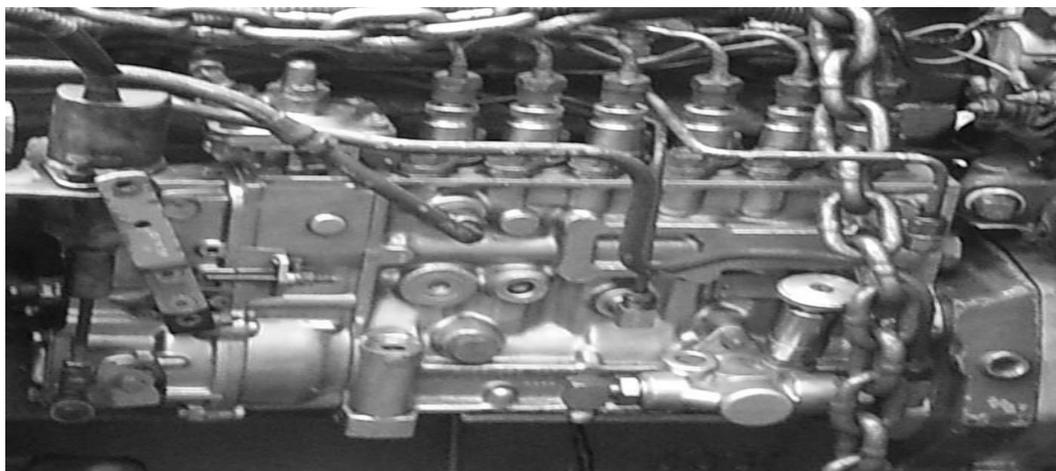
Figura 4. **Culata y válvulas del motor John Deere 6081**



Fuente: Taller de reparaciones Coguma S.A.

Posee una bomba inyectora ya que es un motor por inyección directa que podemos observar en la figura 5 además de un volante de inercia ductos, toberas, entre otras partes.

Figura 5. **Bomba inyectora del motor John Deere 6081**



Fuente: Taller de reparaciones Coguma S.A.

### 1.2.2. Características del motor

Las características del motor se muestran en la tabla I y en la figura 6 que se muestran a continuación.

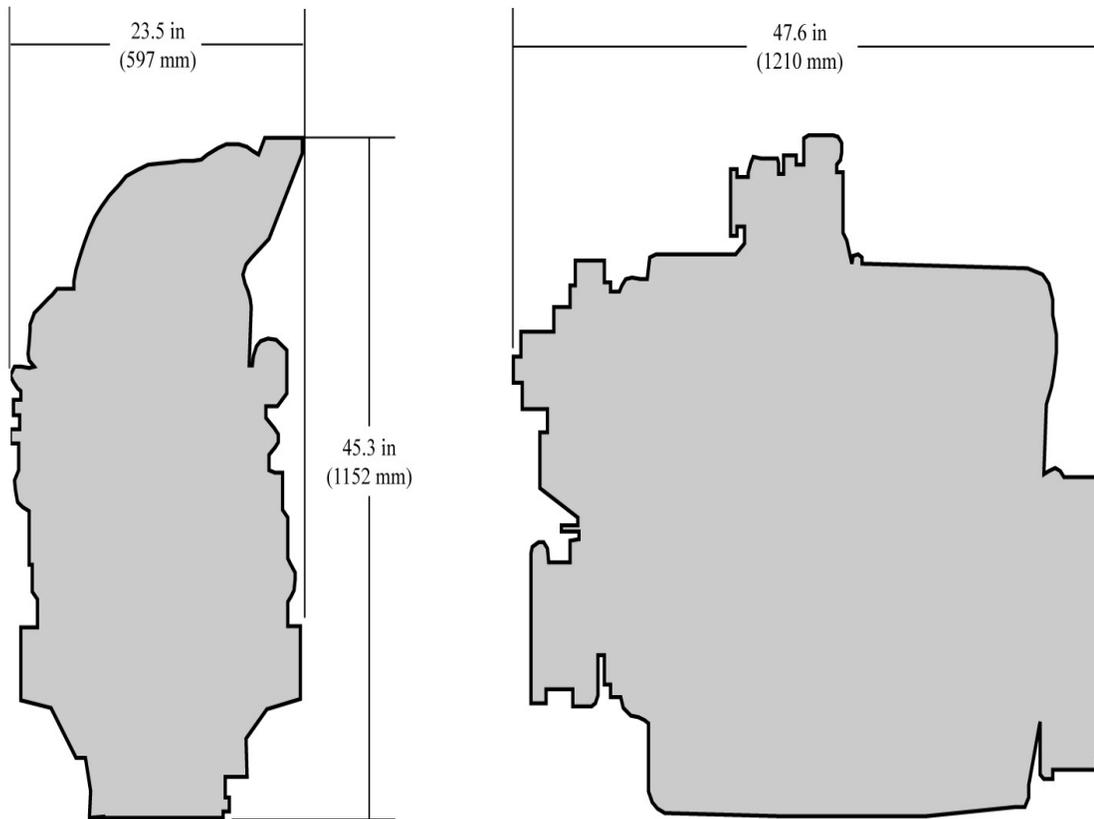
Tabla I. **Características técnicas del motor John Deere 6081**

<b>Datos del motor</b>		
<b>Características Básicas</b>	Fabricante / Modelo	JOHN DEERE 6081
	Tipo de motor	4-tiempos
	Aspiración	Turboalimentado con pos-enfriador
	Disposición de los cilindros	En Línea
	Numero de cilindros	6
	Desplazamiento	8.1L [494.3C.I.]
	Carrera y Diámetro	116mm [4.6plg.] X 129mm [5.1plg]
	Tasa de compresión	16.5 : 1
	Velocidad en vueltas por minutos	1500 Rpm
	Potencia de máxima	160kw (215hp)
	Par motor	1012N-m (747lb-ft)
	Sistema de combustión	Inyección directa

Fuente: Manual Técnico para motor John Deere modelo 6081.

## Dimensiones

Figura 6. Dimensiones del motor John Deere 6081



Fuente: Manual Técnico para motor John Deere modelo 6081.

Es un motor diésel que funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de auto combustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. Esta es la llamada auto inflamación.

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo del motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde unos orificios muy pequeños que presenta el inyector de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo.

Esta expansión, al revés de lo que ocurre con el motor de gasolina, se hace a presión constante ya que continúa durante la carrera de trabajo o de expansión. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento rectilíneo alternativo del pistón en un movimiento de rotación.

Es un motor de cuatro tiempos lo que indica que por cada dos vueltas del cigüeñal genera un ciclo termodinámico.

### **1.3. Mantenimiento preventivo del motor**

Según Altmann (2005) Son todos los trabajos necesarios para mantener un servicio dentro de una calidad preestablecida, también es la acción encargada de preservar el recurso (máquina) y al mismo tiempo mantener la calidad deseada del servicio que proporciona este recurso o máquina. Los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

- Mantener la cantidad y calidad de servicio que entrega una máquina dentro de los parámetros establecidos

- Preservar dentro de límites económicos establecidos el costo de ciclo de vida de los equipos.

Cuando no se cuenta con estadísticas ni se utilizan análisis para la determinación y optimización del funcionamiento del equipo. Se trabaja con base en el manual del fabricante para evitar daños al equipo esto implica un mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo del motor John Deere 6081 se muestra en la tabla II donde se observan los intervalos de lubricación y mantenimiento que son dados por el fabricante para el uso del motor en condiciones ideales.

**Tabla II. Mantenimiento preventivo del motor John Deere 6081**

Item	Intervalos de lubricación y mantenimiento				
	Diariamente	250 horas	500 horas	2000 horas	Según se requiera
Revisión del nivel de aceite y refrigerante	X				
Revisión del filtro de combustible	X				
Inspección visual general	X				
Lubricación del cojinete de desembrague de la TDF		X			
Cambio del aceite del motor y el filtro		X			
Revisión del filtro de espuma del agujero de purga de la bomba de refrigerante		X			

Continuación de la tabla II.

Limpieza del tubo del respiradero del cárter			X		
Revisión de las mangueras, conexiones y el sistema de admisión de aire			X		
Sustitución de elemento(s) del filtro de combustible			X		
Revisión de la tensión y el desgaste de las correas			X		
Revisión del sistema de enfriamiento			X		
Revisión del amortiguador de vibraciones del cigüeñal			X		
Enjuague del sistema de enfriamiento				X	
Ajuste del juego de las válvulas del motor				X	
Adición de refrigerante					X
Sustitución de correa					X
Revisión de fusibles					X

Fuente: Manual Técnico y Manual del Operador para motor John Deere modelo 6081.

El Manual del operador, indica reemplazar el elemento del filtro de aire cuando el indicador de restricción indica un vacío de 625 mm (25 in.) H<sub>2</sub>O.

También el Manual técnico, dice cambiar el aceite por primera vez después de las primeras 100 horas de funcionamiento (rodaje) como máximo, luego cada 250 horas. Si se usa el aceite John Deere PLUS-50 o ACEA-E4/E5

con el filtro de aceite de John Deere especificado, puede prolongarse el intervalo de cambio de aceite en 50 % a 375 horas.

#### **1.4. Recomendación de lubricantes**

El manual técnico (5) para el motor John Deere 6081 recomienda usar aceite con un grado de viscosidad correspondiente a la temperatura ambiente que promedio entre cada cambio de aceite.

Se prefiere el uso del siguiente aceite:

- John Deere PLUS-50 ®

También se recomienda el uso de los siguientes aceites:

- John Deere TORQ-GARD SUPREME ®
- Aceites que satisfagan la especificación E4/E5 de ACEA

Pueden utilizarse otros tipos de aceite si cumplen con una o más de las especificaciones siguientes:

- Clasificación de servicio CI-4 de API
- Clasificación de servicio CH-4 de API
- Especificación E3 de ACEA

Se prefiere el uso de aceites de viscosidad múltiple para motores diesel.

Figura 7. **Lubricante recomendado para el motor John Deere 6081**



Fuente: Taller de reparaciones Coguma S.A.

La calidad y contenido de azufre del combustible diesel deberá satisfacer todas las reglamentaciones de emisiones existentes en la zona en la cual se usa el motor.

Si se usa combustible diesel con más de 0,05 % (500 ppm) de azufre, reducir el intervalo de cambio del aceite y filtro en 100 horas.

Al utilizar combustible diesel con más de 0,5 % (5000 ppm) de azufre, reducir el intervalo de servicio en 50 %.

No se recomienda usar combustible diesel con un contenido de azufre mayor que 1,0 % (10,000 ppm).

Los intervalos de servicio pueden prolongarse si se usan los aceites preferidos por John Deere.



## **2. TEORÍA BÁSICA DE LUBRICACIÓN**

### **2.1. Fricción y desgaste**

La fricción se define como la resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse sobre otro con el cual está en contacto. La resistencia se da por la interacción entre puntos de contacto y la penetración de las asperezas. Esta resistencia al movimiento depende de las características de las superficies.

El desgaste es el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo. En el cual las capas superficiales de un sólido se rompen o se desprenden de la superficie. Al igual que la fricción, el desgaste no es solamente una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema. Los análisis de los sistemas han demostrado que 75 % de las fallas mecánicas se deben al desgaste de las superficies en rozamiento. Se deduce fácilmente que para aumentar la vida útil de un equipo se debe disminuir el desgaste al mínimo posible.

Lubricación es la reducción de la fricción y el desgaste entre dos superficies en movimiento relativo, mediante la aplicación de un lubricante.

Con las definiciones anteriores surge un nuevo estudio llamado tribología que se define como la ciencia y tecnología de la interacción entre superficies en movimiento relativo e involucra el estudio de la fricción, el desgaste y lubricación.

## **2.2. Composición de los lubricantes**

Un lubricante está compuesto básicamente de dos partes, una de aceite básico o base y otra de aditivos que mejoran sus propiedades y determinan sus características.

Existen distintos tipos de base entre las que se mencionan las bases minerales que provienen del petróleo, las bases del grupo II y III que son las más utilizadas, bases semisintéticas que son una mezcla entre minerales y sintéticos, y por último las bases sintéticas elaboradas mediante un proceso de sinterización incrementando el costo de producción.

Los aditivos son compuestos químicos que se agregan a la base para mejorar o para agregar otra propiedad al lubricante.

## **2.3. Aditivos y sus características**

Un lubricante por sí solo no ofrece toda la protección que necesita un motor o componente industrial.

En la fabricación del lubricante se añade un compuesto determinado de aditivos atendiendo a las necesidades del fabricante del motor o al uso al que va a ser destinado el lubricante en cuestión de aditivos.

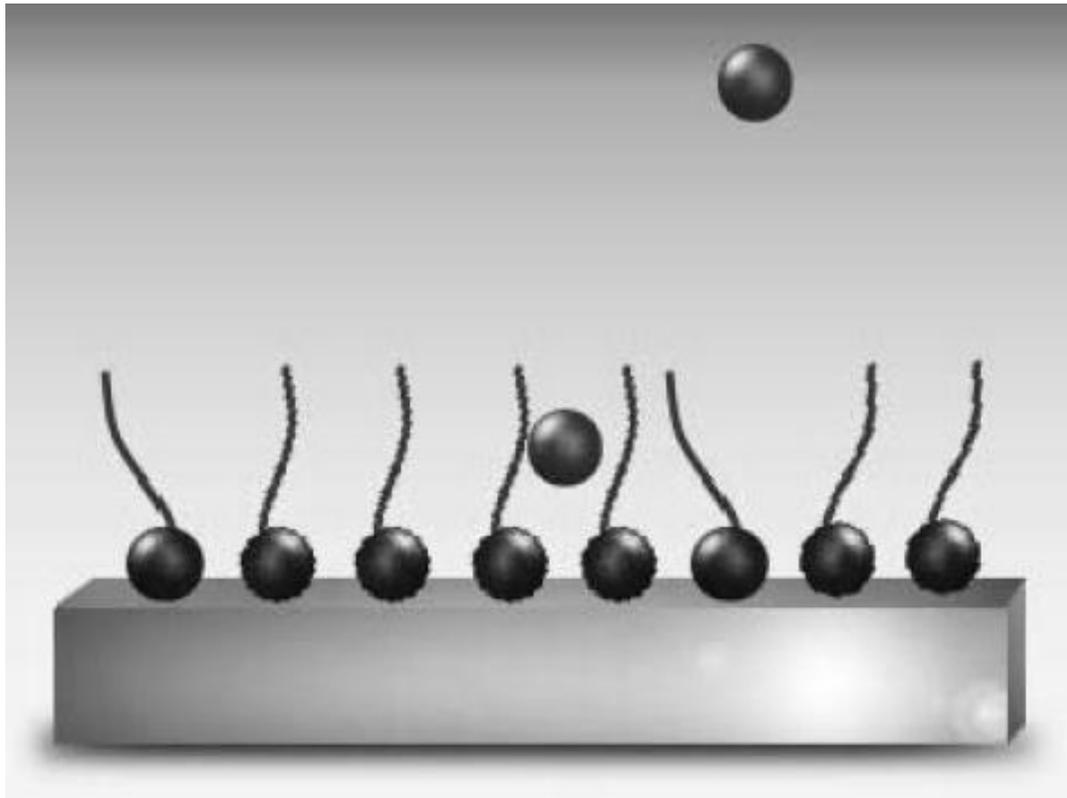
Un aditivo como se mencionó anteriormente es un compuesto químico que se agrega a la base para mejorar o agregar alguna propiedad al lubricante, sus características son todas aquellas propiedades que pueden cambiar o mejorar en la elaboración de un lubricante dependiendo de la aplicación del mismo.

Existen distintos tipos de aditivos entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

#### Detergente

Tiene el propósito de mantener las superficies libres de depósitos con la función de neutralizar subproductos de la combustión, los mantiene solubles lo que permite mantener superficies limpias. Controla la corrosión y la formación de depósitos.

Figura 8. **Acción detergente de los aditivos**



Fuente: Lubricantes de Guatemala S.A.

## Dispersante

Su propósito es mantener los contaminantes insolubles dispersos en el lubricante y su función es prevenir el aglutinamiento de los contaminantes y mantenerlos dispersos y en suspensión para evitar el incremento de la viscosidad, taponamientos y desgastes.

Figura 9. **Acción dispersante de los aditivos**

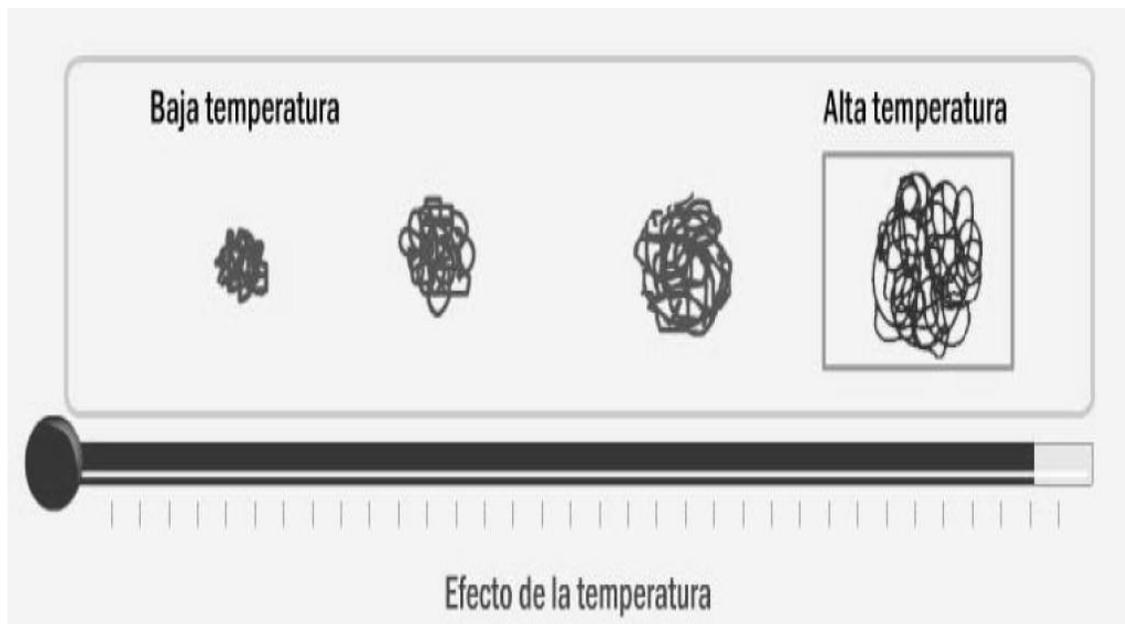


Fuente: Lubricantes de Guatemala S.A.

## Mejorador de índice de viscosidad

Se expanden al aumentar la temperatura restringiendo el movimiento libre de las moléculas del aceite evitando la pérdida de viscosidad de este, reduciendo la tasa de cambio de la viscosidad con la temperatura.

Figura 10. **Funcionamiento del mejorador de índice de viscosidad**



Fuente: Lubricantes de Guatemala S.A.

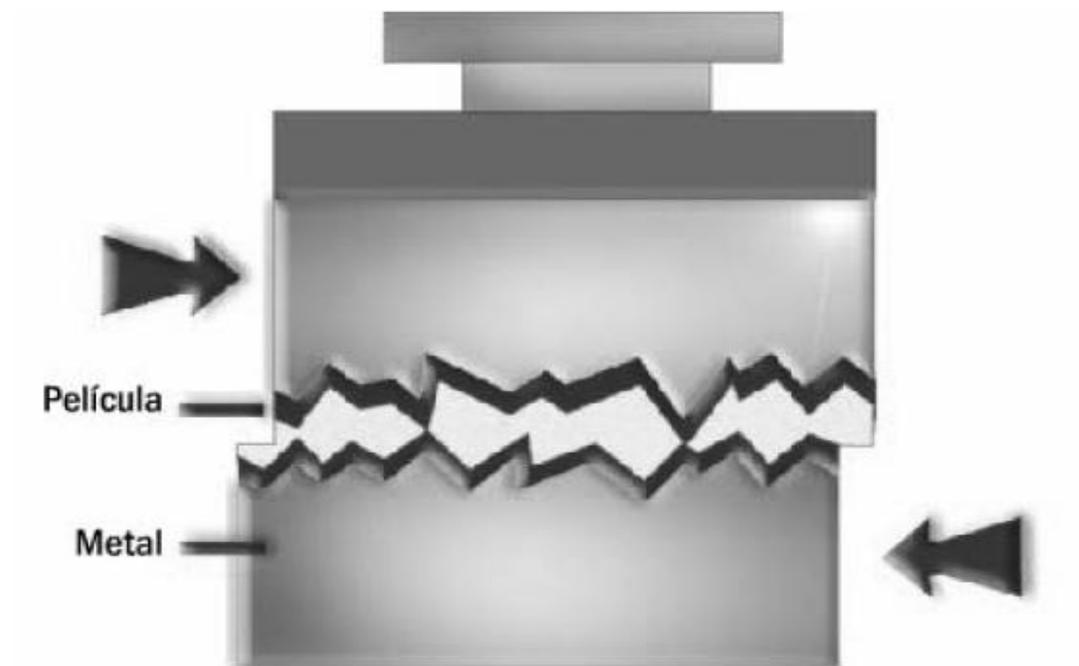
## Antidesgaste

Tiene el propósito de reducir la fricción y el desgaste creando una película más dúctil que el metal, sacrificándose antes del contacto entre metales.

Extrema presión

Incrementa la capacidad de carga de las superficies sin sufrir daños, formando una película dúctil y tenaz para soportar cargas de impacto.

Figura 11. **Película antidesgaste y de extrema presión**



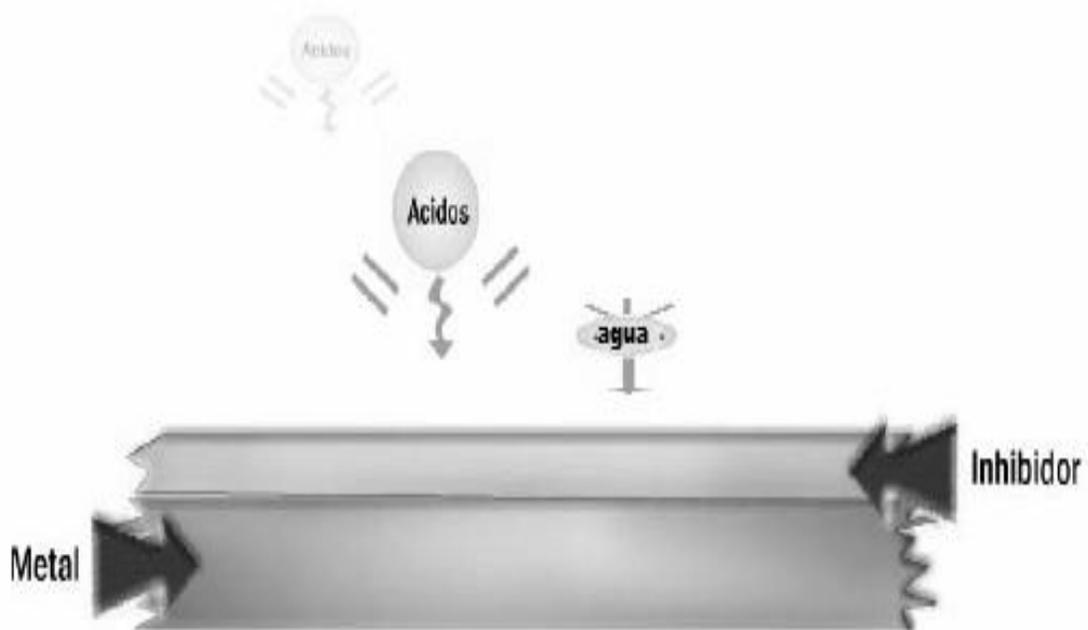
Fuente: Lubricantes de Guatemala S.A.

Inhibidores de herrumbre y corrosión

Estos aditivos son de suma importancia para la prevención de la herrumbre y corrosión, generando una película protectora que se adhiere a las superficies de los metales y materiales sensibles.

También son utilizados para impedir las alteraciones internas que pueda sufrir el aceite por envejecimiento y oxidación, se ha acudido a la utilización de aditivos anticorrosivos y antioxidantes. Estas dos funciones de protección al metal y al lubricante casi siempre son ejercidas por un mismo producto

Figura 12. **Acción de inhibidores de herrumbre y corrosión**



Fuente: Lubricantes de Guatemala S.A.

#### **2.4. Principios básicos de lubricación, características y conocimiento de los lubricantes**

La función principal del lubricante es controlar la fricción y el desgaste y sus funciones secundarias como la transferencia de calor, evitar la corrosión y herrumbre prevenir formación de depósitos y lacas, transferir fuerza y sellar contaminantes entre otros.

Otra característica es hacer las superficies en contacto más resbaladizas.

Las propiedades básicas de un lubricante deben ser:

Viscosidad, índice de viscosidad, densidad, peso específico, demulsibilidad, volumen a diferentes temperaturas, punto de inflamación y de combustión, punto de fluidez, penetración y por último índice de neutralización de basicidad y de acidez además de derivaciones de estos. Estas son algunas de las características y propiedades físicas de los lubricantes, por lo que a continuación se detalla cada una de ellas.

#### Densidad

Es la relación existente entre la masa de un cuerpo y la relación de esta con la masa de un volumen igual en agua.

#### Viscosidad

Es una medida de la fricción interna o resistencia de un material a fluir.

#### Índice de viscosidad

Es un número adimensional que indica el grado de variación de la viscosidad con la temperatura.

## Volumen

Es el espacio que ocupa un cuerpo en el espacio. Cuando varía la temperatura, también varía la densidad, así como la necesidad de espacio para el lubricante por su dilatación y la relación es la siguiente:

Un aumento de temperatura de 100° le corresponde un aumento de volumen del 10 %.

## Punto de fluidez

Es el punto o temperatura en el cual el lubricante empieza a fluir.

## Demulsibilidad

Es la capacidad que tiene un lubricante de separar las moléculas de agua con el lubricante

## Índice de neutralización de basicidad y de acidez

Los aceites lubricantes pueden contener compuestos ácidos o alcalinos.

TAN: valor ácido, es la cantidad de sustancia alcalina capaz de neutralizar los compuestos ácidos del aceite.

SAN: valor ácido fuerte, es la cantidad de sustancia alcalina necesaria para neutralizar los ácidos fuertes.

TBN: valor básico, es la cantidad de ácido necesario para neutralizar los compuestos alcalinos en el aceite.

SBN: valor alcalino fuerte que es igual a la cantidad de ácido necesario para neutralizar las sustancias alcalinas fuertes.

## **2.5. Características y beneficios del lubricante utilizado**

Para la selección de un lubricante es necesario conocer las ventajas, costos y todas las aprobaciones que este cumple. Al comparar con otras opciones se evalúa con cual se pueden optimizar los resultados y se selecciona el lubricante.

### **2.5.1. Ventajas**

A través del análisis se pueden conocer las características de los lubricantes. Esto es fundamental para notar de antemano cuál será su comportamiento ante la necesidad, para decidir que lubricante poner se debe tener en cuenta el trabajo que realizará el lubricante y el estado de la máquina donde se utilizará.

El lubricante utilizado para estas pruebas y para la determinación de la rutina de mantenimiento predictivo para el motor John Deere modelo 6081 es el siguiente:

Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W-40

Las ventajas y beneficios de este lubricante es que cumple con los requerimientos del fabricante que pide que el lubricante cumpla con la clasificación de servicio CI-4 de API, clasificación de servicio CH-4 de API y la especificación E3 de ACEA.

EL aceite Valvoline tiene un costo de Q. 34,00 el litro.

### **2.5.2. Aprobaciones cumplidas**

Además de cumplir con los requerimientos del fabricante también cumple con la última clasificación para motores Diesel cumple con la Norma API CJ-4 que es para motores en Estados Unidos y la última Norma API CI-4 PLUS para motores en Latinoamérica.

También se puede mencionar que el lubricante cumple con las clasificaciones API CH-4, CG.4, CF-4 y CF/SM



### **3. ANÁLISIS DE ACEITE USADO PARA UNA MCI MARCA JOHN DEERE MODELO 6081**

#### **3.1. Concepto de análisis de aceite usado**

Según Guillén (2007), el análisis de aceite es un conjunto de procedimientos y mediciones aplicadas al aceite usado en las máquinas y equipos, que facilitan el control tanto del estado del lubricante, como de manera indirecta permiten establecer el estado de los componentes.

El objetivo primordial y final es suministrar información para adelantarse a tomar acciones y buscar la reducción de los costos de operación y mantenimiento a través de la preservación de las máquinas y la prolongación de la vida de los lubricantes.

Los procedimientos de análisis se pueden realizar en un laboratorio especializado, pero también pueden hacerse en el campo con ayuda de herramientas simples.

También es una actividad de monitoreo y reporte de lo observado en las condiciones del lubricante para alcanzar las metas propuestas de mantenimiento a través de las buenas prácticas de lubricación.

Además es una herramienta que sirve para documentar los procesos de mantenimiento, siempre y cuando, se tenga un buen entrenamiento y conocimiento de la interpretación de los resultados de laboratorio.

### **3.2. Ventajas de utilizar el análisis de aceite usado como herramienta para la detección y prevención de fallas**

El análisis de aceite usado es una herramienta que ayuda a detectar falla, prevenirlas y es útil para la elaboración de estadísticas que ayudan a la generación de un mantenimiento predictivo estimando el tiempo útil de los componentes.

También el análisis de aceite usado es un método muy eficaz, seguro y rápido para determinar fallas futuras en sus componentes evitando así costosas reparaciones y pérdidas de tiempo de producción. Asimismo, ayudan a proveer información valiosa del estado de los componentes, muchos de los cuales son de operación continua y que su detención por causa de desgaste o lubricación resulta en costos imprevistos y elevados.

Los análisis de aceite usado son de bajo costo en comparación con el beneficio que puede ofrecer a la mejora en el rendimiento de la operación de equipos en la producción en una planta, maquinaria en una constructora y equipos en fábricas.

### **3.3. Forma correcta de extracción de una muestra de aceite**

El método utilizado para la extracción de la muestra de aceite usado por su limpieza en el proceso, seguridad en la extracción y aprobado por los laboratorios correspondientes es el que utiliza una bomba de succión y manguera esterilizada.

Los pasos para proceder a este método son los siguientes:

- Remover la varilla de medición del aceite.
- La manguera para la succión debe de ser de  $\frac{1}{4}$  pulgadas y el largo recomendado debe ser de 6 pulgadas más larga que la varilla de medición de aceite y cortada en su parte inferior a un ángulo de 45, para evitar que se atasque en la tubería.
- Remover la tapa del bote de muestra poniéndolo en la bomba de succión, asegurándose que quede bien apretado evitando así derrames y contaminación.
- Se introduce la manguera en la bomba de succión por uno de los lados y el resto de la manguera se introduce en el ducto de la varilla de medición hasta que llegue al nivel del aceite a muestrear.
- Cuando el bote este en lleno, se remueve cuidadosamente la manguera y la se desconecta de la bomba de succión, sellando el sistema con el bote. Inmediatamente es necesario quitar el bote de la bomba y este debe ser tapado para mantener lo más posible la muestra libre de contaminantes.
- Posteriormente se llena la boleta que aparece a continuación, misma que ayudara a reconocer todos los datos importantes acerca de la unidad donde se extrajo la muestra, tales como marca, modelo y año; asimismo, datos del aceite, marca, viscosidad.

Tabla III. Hoja de datos para la toma de muestra de aceite

<b>HOJA PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE</b>	
<b>Número de la unidad:</b>	
<b>Marca del motor:</b>	<b>Modelo:</b>
<b>Fecha en que fue tomada la muestra:</b> /            / (día)    (mes)    (año)	
<b>Hodómetro</b>	(Horas)(km)
<b>Tipo de combustible</b>	
<b>Marca del aceite</b>	
<b>Grado del aceite</b>	
<b>Nombre de quien realizo la toma:</b>	
<b>Firma</b>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Bomba de extracción de aceite**



Fuente: Lubricantes de Guatemala S.A.

#### **3.4. Otras herramientas para la detección y prevención de fallas**

Existen otras herramientas para la detección, prevención y creación de estadísticas para generar una rutina de mantenimiento predictivo, entre ellos se tienen todos los ensayos no destructivos que facilitan la supervisión de los equipos, de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

El análisis de vibraciones consiste en el estudio del tipo de propagación de ondas elásticas en un material homogéneo, la determinación de los efectos producidos y el modo de propagación. Las vibraciones pueden ser medidas y caracterizadas midiendo la oscilación o desplazamiento alternante de ciertos puntos al paso de una onda elástica.

La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo, que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados.

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

El ultrasonido es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del espectro auditivo del oído humano (aproximadamente 20 000 Hz). Los ultrasonidos son utilizados habitualmente en aplicaciones industriales (medición de distancias, caracterización interna de materiales, ensayos no destructivos y otros). También se emplean equipos de ultrasonidos en ingeniería civil, para detectar posibles anomalías

Alternating Current Field Measurement o ACFM es una técnica electromagnética de ensayo no destructivo que permite detectar y medir grietas superficiales en componentes metálicos sin necesidad de eliminar el recubrimiento de este, como la pintura o cualquier otra capa de protección existente.

Todos estos análisis coadyuvan a la recopilación de datos y a generar estadísticas para mejorar las rutinas de mantenimiento, a prevenir y detectar fallas.

### 3.5. Análisis de campo del motor en mención

Antes poner en marcha al equipo es necesario realizar un análisis VOSO (Ver, Oír, Sentir y Oler), conocer las condiciones y medio ambiente de operación para saber el estado en el que se encuentra el equipo.

#### 3.5.1. Análisis VOSO (ver, oír, sentir y oler)

La técnica VOSO es la primera línea de defensa dentro de la amplia variedad de técnicas disponibles en mantenimiento. Usualmente es económico.

Es una técnica sencilla de aprender y hace uso del sentido común. Es necesario el desarrollo de listas de chequeo.

Figura 14. Análisis VOSO (ver, oír, sentir y oler)



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Paint.

## Ver

Es el primer paso que se utiliza en el análisis VOSO. Su función es la visualización de fugas y marcas de nivel de aceite, temperatura y presiones.

El proceso de ver tiene los siguientes pasos:

- Definir los puntos de visualización
- Definir límites, rangos, detalles
- Instalar marcas y ayudas visuales
- Asignar quien, la frecuencia con que se realizara el análisis VOSO y las acciones a implementar.

## Oler

Es la acción que se realiza mediante el sentido del olfato y su función es detectar fugas de algunos fluidos, motores quemados, desgaste excesivo, roce de fricciones y desgaste de fajas.

## Sentir

Es percibir una sensación a través del el sentido del tacto. Al realizar la evaluación táctil es primordial la seguridad de quien realice el análisis.

El sentido del tacto cumple su función al inspeccionar:

- Vibraciones: engranajes, ventiladores, cojinetes, chumaceras
- Temperatura: engranajes, ventiladores, cojinetes, chumaceras

## Oír

El sentido del oído se puede aplicar para escuchar cambios en los sonidos, ruidos extraños, cambios en el ruido, y variaciones en los decibeles del sonido.

## Herramientas

Eventualmente se utilizan herramientas de apoyo tales como:

- Pistola de temperatura
- Estetoscopio
- Lámparas

Es importante en la inspección VOSO definir procedimientos claros a través de la lista de chequeo, las que deben ser estructuradas y en acuerdo a los requerimientos de la inspección. Deben estar orientadas hacia la causa del problema.

El personal que realiza el análisis VOSO debe ser:

- Cauto
- Inquisitivo
- Pragmático
- Familiarizado con el equipo

## Análisis VOSO aplicado al motor en mención

La lista de chequeo que se utilizó en el análisis VOSO para el Motor John Deere modelo 6081 muestra los siguientes resultados:

Los puntos de visualización para el motor John Deere modelo 6081 están definidos por el lugar donde se encuentra instalado el motor. Los rangos están dispuestos según lo marca su odómetro y tiempo de servicio, con esto se instalan las marcas para la medición correcta en la realización de cada análisis de aceite usado.

En el presente análisis se percibe un olor natural que indica un buen funcionamiento del motor.

Al utilizar el sentido del tacto se verifica que posee ciertas vibraciones que indican un funcionamiento adecuado del motor, así como una temperatura adecuada de operación.

El sonido del motor en mención es el adecuado para el mismo. Al momento de escuchar no se detectan sonidos irregulares.

En conclusión el análisis VOSO realizado al motor John Deere modelo 6081 se deduce que posee un funcionamiento óptimo esto se debe a que recientemente se le realizó un Overhaul.

La siguiente tabla muestra el formato de la lista de chequeo que se utilizó para la realización del análisis VOSO.

Tabla IV. **Lista de chequeo para el motor John Deere 6081**

<b>Lista de chequeo</b>			
Número de identificación del motor:			
Fecha:			
<b>Antes de encender el motor</b>			
	<b>Alto</b>	<b>Normal</b>	<b>Bajo</b>
Nivel de Aceite			
Nivel combustible			
Nivel de refrigerante			
<b>Después de 20 minutos de encender el motor</b>			
Temperatura del motor			
Presión			
Revoluciones por minuto			
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Ruidos extraños			
Olores extraños			
Vibraciones			
<b>Comentarios:</b>			
Nombre de quien realizó la práctica:			
Firma:			

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.2. Condiciones de operación**

Las condiciones de operación, son todos los parámetros que indica el fabricante en el manual de operación estas condiciones también son llamadas condiciones ideales de operación.

Pueden ser llamadas condiciones de operación la velocidad en rpm (revoluciones por minuto) del motor al estar en baja, la temperatura del refrigerante la cantidad de aceite. Es decir el funcionamiento del motor en tiempo normal.

Observar la temperatura del refrigerante y la presión del aceite del motor. Las temperaturas y presiones variarán de un motor a otro y también son afectadas por cambios en las condiciones, temperaturas y cargas de trabajo.

El intervalo normal de temperaturas de funcionamiento del refrigerante del motor es de 82°-94°C (180°-202°F). Si la temperatura del refrigerante excede los 104°C (220°F), reducir la carga del motor. A menos que la temperatura descienda con rapidez, apagar el motor y determinar la causa antes de continuar con el funcionamiento.

Usar el motor bajo una carga más ligera y a menor velocidad que la normal durante los primeros 15 minutos después del arranque. NO hacer funcionar el motor a ralentí lento.

Apagar el motor de inmediato si surgen señas de averías. Algunos de los síntomas que pudieran indicar problemas en el motor son:

- Caída repentina en la presión del aceite
- Temperaturas anormales del refrigerante
- Ruido o vibraciones anormales
- Pérdida repentina de potencia
- Producción excesiva de humo negro de escape
- Consumo excesivo de combustible
- Consumo excesivo de aceite
- Fugas de fluido

Las condiciones de operación del motor John Deere 6081 son las siguientes:

Tabla V. **Condiciones de operación del motor John Deere 6081**

Ítem	Rango de operación
Rpm	1100 - 1800
Temperatura	180 - 210 °F
Presión de aceite	15 - 45 Psi

Fuente: elaboración propia.

Estos valores dependen de la carga de trabajo a la que es sometido el motor.

### 3.5.3. Medio ambiente de operación

Son todas las situaciones que rodean al motor es decir todo lo que afecta externamente el funcionamiento del motor, tales como, temperatura, humedad y altitud.

El medio ambiente de operación se describe a continuación:

Tabla VI. **Medio ambiente de operación del motor John Deere 6081**

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
Humedad	Promedio del 85%
Altura	24 metros sobre el nivel del mar
Temperatura	Media de 33 grados centígrados

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Interpretación del análisis de aceite usado

Cuando se interpreta un resultado de un análisis de aceite usado es necesario verificar los parámetros de desgaste de elementos metálicos, aditivos y por último todos los contaminantes internos y externos que existan.

### 3.6.1. Verificación de parámetros de desgaste de elementos metálicos

Los parámetros de desgaste de elementos metálicos son todas las partículas metálicas que se encuentran en suspensión las cuales indican desgastes en las diferentes superficies y distintos materiales que posee el motor de combustión, el resultado que muestra el análisis de aceite usado indica si estos elementos metálicos son perjudiciales o no dependiendo del rango de desgaste o número de partículas que el fabricante determine que es perjudicial en su motor y así determinar la acción correctiva si existe un desgaste en una pieza específica.

En la siguiente tabla se puede observar dependiendo del metal desgastado el probable origen.

Tabla VII. **Parámetros de desgaste de elementos metálicos**

<b>Verificación de parámetros de desgaste de elementos metálicos</b>	
<b>Metal</b>	<b>Origen</b>
HIERRO (Fe)	Bloques, Engranajes, Anillo, Cojinetes, Paredes del Cilindro, Culata, Moho
CROMO (Cr)	Ejes, anillos, cromado del sistema de enfriamiento
ALUMINIO (Al)	Los bujes, algunos cojinetes, pistones, cargador de turbo, ruedas del compresor.

Continuación de la tabla VII.

COBRE (Cu)	Los cojinetes, bujes, refrigeradores de aceite, radiadores, arandelas de empuje del árbol de levas, bujes de la biela, engrasan el añadido para contra desgaste/ contra oxidante.
PLOMO (Pb)	Recubrimiento del cojinete, aditivo en lubricantes del engranaje, contaminación de gasolina.
NÍQUEL (Ni)	Vástagos de válvulas, guías de válvulas, rellenos del anillo en pistones.
PLATA (Ag)	Las cajas del cojinete (cojinetes de baja fricción), la soldadura, los cojinetes de carga de turbinas y las muñecas de plata que fijan los bujes.
ESTAÑO (Sn)	Cojinetes, pistones
MOLIBDENO (Mo)	Anillos de pistón, aditivos del aceite.

Fuente: elaboración propia.

### **3.6.2. Verificación de aditivos y contaminantes internos y externos**

Al verificar los aditivos se comprueba el estado del aceite dependiendo de ellos se puede mencionar si el aceite lubricante está haciendo o no su trabajo, si es necesario la renovación o cambio del mismo, es muy importante para

determinar la vida útil del lubricante para poder extender o acortar los tiempos de funcionamiento del aceite.

Los contaminantes internos y externos al verificarlos indican las posibles averías que pueda tener el sistema interno del motor debido a desgastes internos o mal funcionamiento de algún sistema del motor ya sea admisión, combustión, lubricación, entre otros.

También muestra la hostilidad del medio ambiente de operación lo que se debe tomar en cuenta para la instalación del motor.

Se puede observar si existe alguna ruptura de algún sello o empaque al mostrarse algún contaminante como agua, refrigerante, combustible y hasta sílices.

En los textos y tablas siguientes se muestra el propósito de cada aditivo y teniendo en cuenta esto se puede saber que mal funcionamiento se puede tener, también se muestra las posibles causas que se pueden tener en un motor de combustión interna dependiendo del contaminante que se posea.

Las siguientes tablas muestran el material que se puede encontrar e interpretar para entender el funcionamiento de los aditivos en el aceite lubricante dentro del motor.

Tabla VIII. **Verificación de aditivos**

<b>Verificación de aditivos</b>	
<b>Material</b>	<b>Propósito</b>
CINC (Zn)	Aditivo contra el desgaste, que proporciona una película protectora.
FOSFORO (P)	Aditivo contra el desgaste, extremo de la presión que proporciona una película protectora en áreas de alta presión. Fósforo antioxidante es añadido a los aceites extremos de presión para proporcionar una película protectora. Los aceites extremos de presión son caracterizados por el fósforo alto.
BARIO (Ba)	Detergente
CALCIO (Ca) y MAGNESIO (Mg)	El calcio y el magnesio son aditivos alcalinos usados para neutralizar los ácidos formados por los productos de la combustión en aceites de motor. El calcio y el magnesio también tienen algunas calidades detergentes.
BORO (B)	Inhibidor, el boro también se encuentra como aditivo en líquidos refrigerantes como el borato
COBRE (Cu)	Antioxidante, el cobre se agrega a los aceites de motor para prevenir la oxidación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Verificación de agentes internos y externos**

<b>Verificación de agentes internos y externos</b>	
<b>Material</b>	<b>Origen</b>
POTASIO (K)	Potasio es un añadido refrigerante, y su presencia en aceites es un indicador de contaminación de líquido refrigerante.
SODIO (Na)	Contaminación externa, añadido o líquido refrigerado del sodio. El sodio no es un metal del desgaste. Su fuente es de líquido refrigerado o del ambiente (sal).
SILICIO (Si)	Suciedad externa, aditivos, selladores. El silicio puede ser aditivo antiespumante en la forma de silicón.

Fuente: elaboración propia.

Además se puede encontrar contaminación por:

Disolución de combustible:

La dilución de combustible del aceite del cárter del motor causada por los combustibles no quemados reduce la eficacia del lubricante. Adelgazar el lubricante puede reducir la película de protección, aumentando el riesgo de desgaste anormal. Dependiendo de ciertas variables, cuando la dilución del

combustible excede del 2,5 % al 5 %, acciones correctivas deben ser tomadas. La dilución del combustible es medida por ambas, la cromatografía de gas y la dilución del combustible.

#### Fuentes

- Corriente de aire incorrecto al combustible
- Largo tiempo inactivo
- Tráfico pesado o lento
- Inyectores defectuosos
- Surtidores o líneas de combustibles que gotean
- Combustión incompleta
- Sincronización incorrecta

#### Viscosidad

La viscosidad es una de las características más importantes del aceite lubricante, es una medida de la resistencia al flujo en una temperatura específica en lo referente a tiempo. Las dos temperaturas más comunes para la viscosidad del aceite lubricante son 40°C y 100°C.

Se evalúa con un método cinemático y se divulga normalmente en centistokes (cSt). En el análisis de aceite usado, la viscosidad se compara a la del aceite nuevo para determinar si un adelgazamiento o espesamiento excesivo ha ocurrido.

Fuentes se muestran en la tabla siguiente dependiendo si es alta o baja viscosidad.

Tabla X. **Fuentes de alta y baja viscosidad en el lubricante**

<b>Alta viscosidad</b>
Contaminación de hollín-sólido
Combustión incompleta
Degradación de la oxidación
Juntas principales que gotean
Drenaje extendido del aceite
Alta temperatura de funcionamiento
Grado incorrecto del aceite
<b>Baja viscosidad</b>
Dilución del combustible
Grado incorrecto del aceite
Alta temperatura de funcionamiento

Fuente: elaboración propia.

#### Contaminación del agua / refrigerante

La presencia de agua en los motores indica que hay contaminación de fuentes externas. Estas fuentes pueden ser la condensación de la humedad de la atmósfera, o el agua interna que gotea o se filtra. El agua es evaporada normalmente por los motores en las temperaturas de trabajo normales. Sin

embargo, el agua puede permanecer en el aceite cuando las temperaturas del motor son demasiado bajas para que ocurra la evaporación.

Otros tipos de equipo, cuando están funcionando en las temperaturas satisfactorias, también tienen una tendencia a evaporar la contaminación del agua.

Fuentes:

- Temperatura de funcionamiento baja
- Sellos defectuosos
- Escape del líquido refrigerado
- Almacenaje incorrecto
- Cabeza agrietada
- Humedad del tiempo
- Producto de la combustión, entre otros

Número base total

El número base total (TBN) representa la cantidad de añadidos alcalinos en el lubricante, que neutraliza los productos ácidos de la combustión.

Fuentes:

- Combustible de alto sulfuro
- Recalentamiento
- Drenaje del aceite extendido
- Selección incorrecta del aceite

## Número ácido total (TAN)

El número ácido total (TAN) es la cantidad de ácido o de derivados de ácidos en el lubricante. Un aumento en el TAN de un lubricante nuevo debe ser supervisado. El TAN del aceite Nuevo necesariamente no significa nada puesto que los añadidos del aceite pueden ser ácidos por naturaleza. Un aumento en el TAN generalmente indica la oxidación o la contaminación de la lubricación con un producto ácido. TAN es un indicador de la utilidad del aceite.

### Fuentes:

- Combustible de alto sulfuro
- Recalentamiento
- Escape de gases
- Intervalos extendidos del drenaje del aceite
- Aceite incorrecto
- Agotamiento del aditivo

### Oxidación

El aceite lubricante en motores y otros componentes se combina con el oxígeno disponible bajo ciertas condiciones para formar una variedad amplia de subproductos dañinos. El calor, la presión y los materiales del catalizador aceleran el proceso de oxidación. Los subproductos de la corrosión producen depósitos de laca, que corroen piezas de metales y espesan el aceite más allá de su capacidad de lubricar. La mayoría de los lubricantes contienen aditivos, que retardan el proceso de la oxidación. El análisis infrarrojo diferenciado es el método usado para medir el nivel de la oxidación en aceite usado.

Fuentes:

- Recalentamiento
- Intervalos extendidos del drenaje del aceite
- Tipo de aceite/inhibidor añadido incorrecto
- Corrosión de las piezas del metal

### **3.7. Determinación de la rutina de mantenimiento predictivo del motor en mención**

Para la creación de la rutina de mantenimiento como primer paso se debe realizar una recolección de datos, después una interpretación de datos y por último con los resultados se crea la nueva rutina de mantenimiento.

#### **3.7.1. Recolección de datos**

Según Guillen (2007) de los resultados de las muestras de los análisis de aceite usado, los parámetros a considerar son:

- Número de identificación del motor
- Aceite utilizado
- Viscosidad
- TAN
- TBN
- Hodómetro
- Sílices
- Reporte de funcionamiento

Estos parámetros son los más importantes porque indican la calidad en la que se encuentran el aceite lubricante, así como los desgastes en el motor y para saber el si el funcionamiento del motor es normal o anormal.

La tabla siguiente muestra la cantidad de análisis de aceite realizados a los motores puestos a prueba y su número de inventario

Tabla XI. **Identificación de los motores utilizados**

<b>Marca del motor</b>	<b>Modelo</b>	<b>Número de identificación</b>	<b>Análisis de aceite usado realizado</b>
John Deere	6081	20635	2
John Deere	6081	26777	2
John Deere	6081	65797	5
John Deere	6081	66264	5

Fuente: elaboración propia.

En las siguientes tablas se muestran los datos recolectados de los análisis de aceite realizados en los distintos motores puestos a prueba para la realización y determinación de la rutina de mantenimiento predictivo para un motor John Deere modelo 6081.

Tabla XII. **Recolección de datos del motor número 20635**

<b>Motor John Deere 6081 número 20635</b>
<b>Año 2013</b>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 24 de marzo de 2013 <b>Viscosidad:</b> 14.2 cSt <b>TBN:</b> 6.8 <b>Hodómetro:</b> 300 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 13 de febrero de 2013 <b>Viscosidad:</b> 15.3 cSt <b>TBN:</b> 5.9 <b>Hodómetro:</b> 300 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Motor John Deere modelo 6081 número 20635**



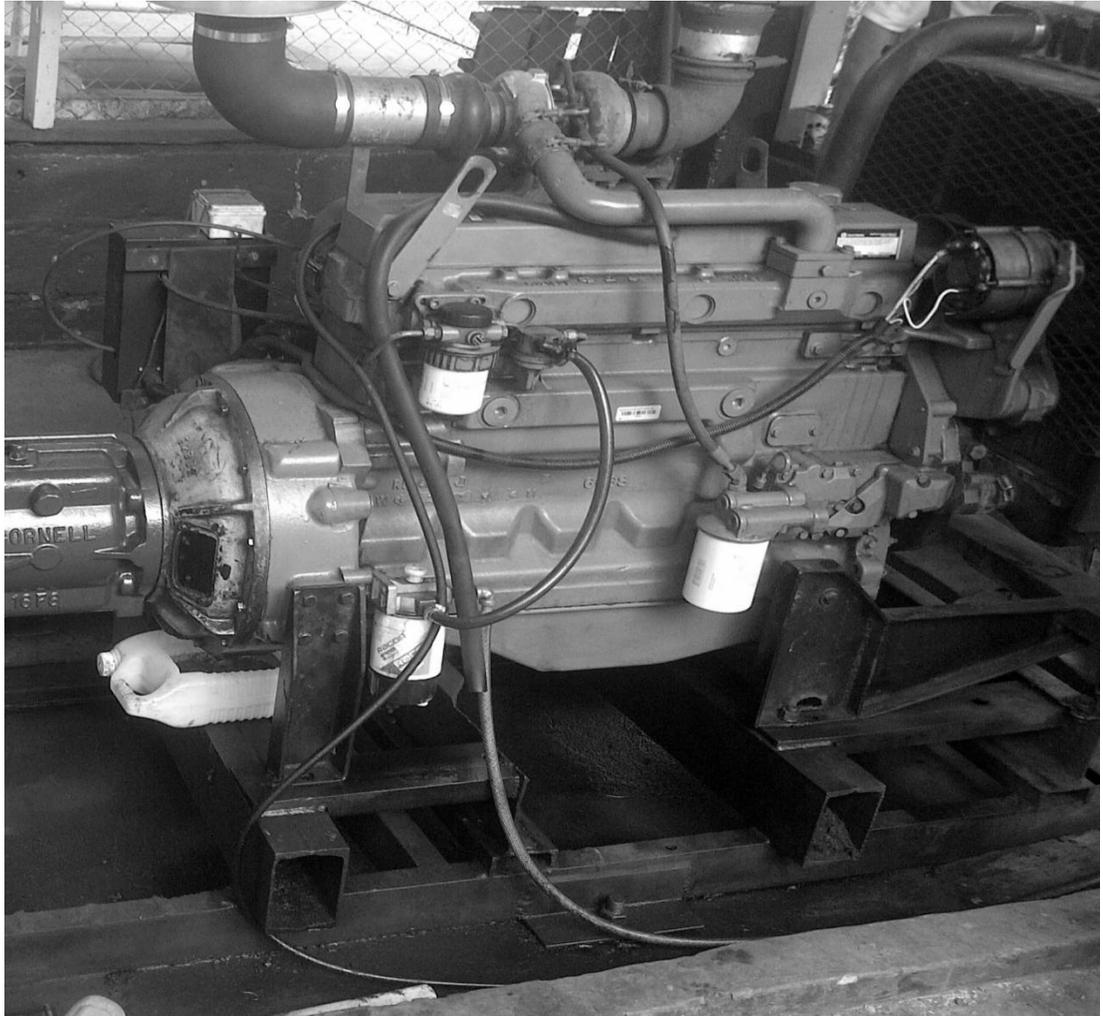
Fuente: Finca el Álamo Tecun Uman, San Marcos.

Tabla XIII. **Recolección de datos del motor número 26777**

<b>Motor John Deere 6081 número 26777</b>
<b>Año 2013</b>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 11 de abril de 2013 <b>Viscosidad:</b> 14.8 cSt <b>TBN:</b> 7.1 <b>Hodómetro:</b> 300 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 11 de febrero de 2013 <b>Viscosidad:</b> 15.2 cSt <b>TBN:</b> 5.9 <b>Hodómetro:</b> 350 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Motor John Deere modelo 6081 número 26777**



Fuente: Finca el Álamo Tecun Uman, San Marcos.

En las tablas anteriores se puede observar que a 300 horas de funcionamiento el reporte de laboratorio es satisfactorio, con lo cual puede asegurarse que a las 300 horas el motor sigue funcionando adecuadamente, la degradación del aceite es normal, por lo cual se puede alargar el servicio del motor otras 50 horas y más, según pruebas que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XIV. **Recolección de datos del motor número 65787**

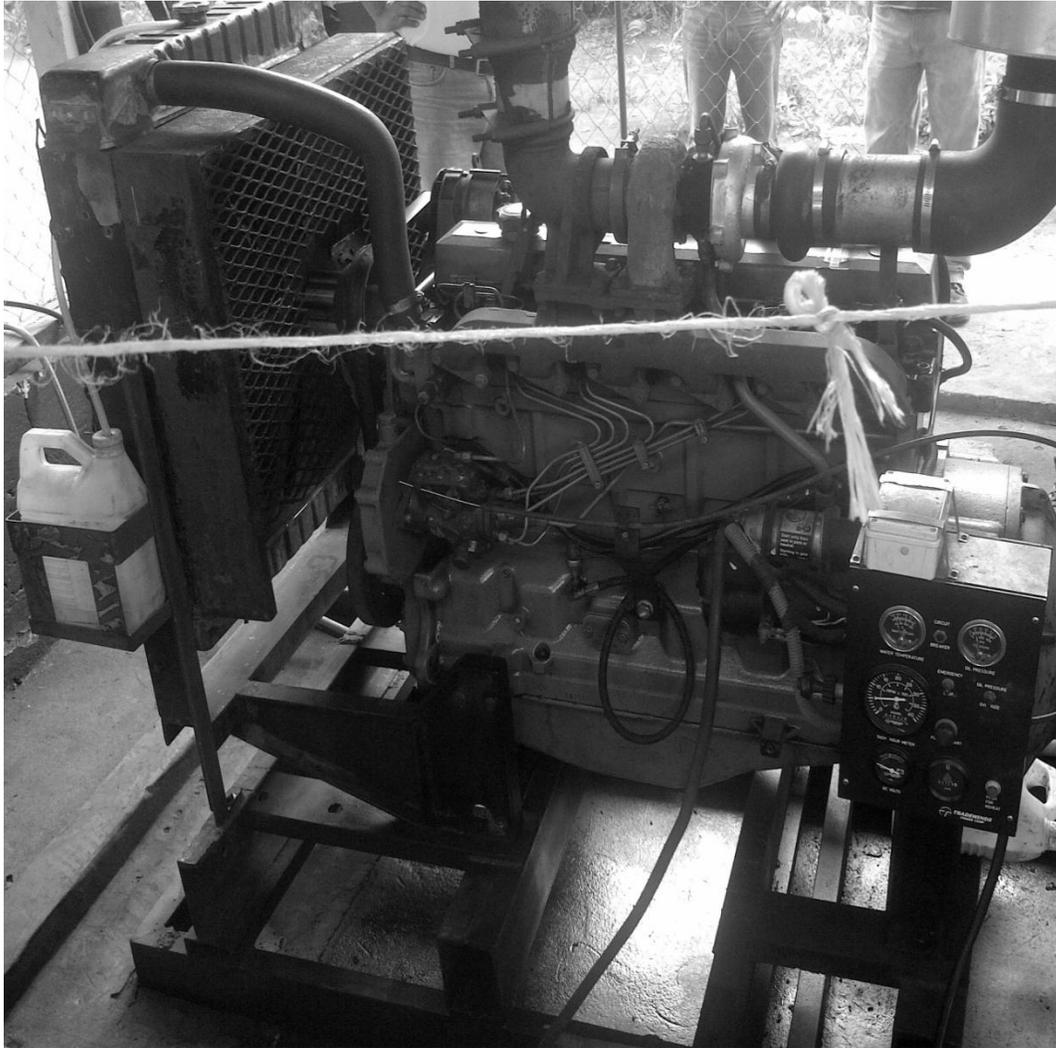
<b>Motor John Deere 6081 número 65797</b>	
<b>Año 2013</b>	<b>Año 2012</b>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 02 de julio de 2013 <b>Viscosidad:</b> 15.1 cSt <b>TBN:</b> 7.6 <b>Hodómetro:</b> 353 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>	<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 08 de diciembre de 2012 <b>Viscosidad:</b> 14.5 cSt <b>TBN:</b> 7.3 <b>Hodómetro:</b> 352 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 10 de abril de 2013 <b>Viscosidad:</b> 15.5 cSt <b>TBN:</b> 5.9 <b>Hodómetro:</b> 363 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>	<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 03 de noviembre de 2012 <b>Viscosidad:</b> 14.6 cSt <b>TBN:</b> 9.0 <b>Hodómetro:</b> 307 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>

Continuación de la tabla XIV.

<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 14 de enero de 2013 <b>Viscosidad:</b> 15.2 cSt <b>TBN:</b> 6.9 <b>Hodómetro:</b> 377 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>	
---	--

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Motor John Deere modelo 6081 número 65797**



Fuente: Finca Santa Rosa del Horizonte Coatepeque, Quetzaltenango.

Tabla XV. **Recolección de datos del motor número 66264**

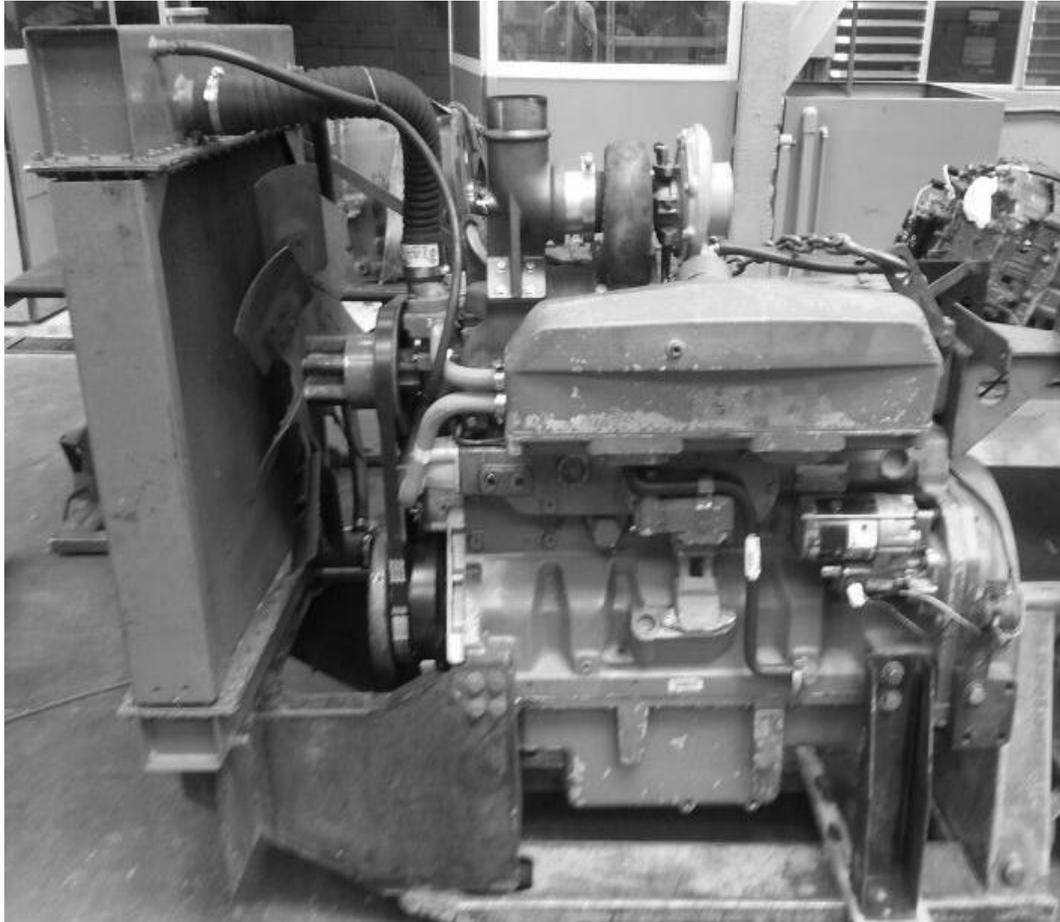
<b>Motor John Deere 6081 número 66264</b>	
<b>Año 2013</b>	<b>Año 2012</b>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 14 de junio de 2013 <b>Viscosidad:</b> 14.4 cSt <b>TBN:</b> 3.3 <b>Hodómetro:</b> 350 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>	<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 21 de diciembre de 2012 <b>Viscosidad:</b> 14.2 cSt <b>TBN:</b> 7.5 <b>Hodómetro:</b> 301 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>
<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 05 de abril de 2013 <b>Viscosidad:</b> 14.2 cSt <b>TBN:</b> 4.9 <b>Hodómetro:</b> 350 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>	<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 12 de noviembre de 2012 <b>Viscosidad:</b> 14.6 cSt <b>TBN:</b> 9.0 <b>Hodómetro:</b> 310 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>

Continuación de la tabla XV.

<p><b>Aceite utilizado:</b> Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 <b>Toma de muestra:</b> 26 de enero de 2013 Viscosidad: 14.2 cSt <b>TBN:</b> 7.4 <b>Hodómetro:</b> 300 horas <b>Reporte laboratorio:</b> NORMAL</p>	
--	--

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Motor John Deere modelo 6081 número 66264**



Fuente: Finca Santa Rosa del Horizonte Coatepeque, Quetzaltenango.

### **3.7.2. Interpretación de los datos**

Para determinar el tiempo adecuado de realizar cambios de aceite y filtros en un motor John Deere 6081 es necesario interpretar los datos anteriores.

Haciendo un promedio de los tiempos de servicio de los cuatro motores quedaría de la siguiente manera:

Tabla XVI. **Tabla resumen de promedio de la recolección de datos**

<b>Motor</b>	<b>Tiempo promedio de servicio del aceite</b>	<b>Resultado del laboratorio</b>
<b>Motor John Deere modelo 6081 número 26777</b>	325 horas	Normal
<b>Motor John Deere modelo 6081 número 20635</b>	300 horas	Normal
<b>Motor John Deere modelo 6081 número 65797</b>	350.4 horas	Normal
<b>Motor John Deere modelo 6081 número 66264</b>	322.2 horas	Normal
<b>Promedio</b>	325 horas	

Fuente: elaboración propia.

En la interpretación de los datos es necesario tomar en cuenta los resultados que se muestran en las tablas anteriores, en las cuales se observa que al tomar las muestras a las 300 horas de servicio del aceite lubricante Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40 esto 50 horas por encima de lo que indica el fabricante, tanto el TBN, viscosidad y reporte del laboratorio son normales.

Al observar los resultados positivos a las 300 horas se alarga el período de cambio de aceite a 350 horas que son 100 horas más de los que indica el fabricante obteniendo resultados favorables tanto el TBN, viscosidad y reporte del laboratorio siguen siendo normales y sin causar ningún daño al equipo.

También se hicieron pruebas a las 370 horas teniendo resultado satisfactorio.

Con la tabla resumen que es un promedio de todas las pruebas realizadas se puede decir que el tiempo adecuado de cambio o servicio del aceite lubricante debe realizarse a las 325 horas pero si se atención a lo que se menciona anteriormente, los estudios realizado a las 300, 350 y por ultimo a las 370 horas se observa que los resultados son normales o satisfactorio, por lo tanto se puede decir que el tiempo óptimo para la realización del servicio para maximizar la vida útil del lubricante y minimizar los costos, el cambio o servicio debe de realizarse a las 350 horas. Se toma la decisión para tener un espacio de error y así prevenir futuros daños al equipo.

El cambio de aceite y filtros a las 350 horas 100 por encima de las horas que indica el fabricante se convierte en alargamiento del tiempo entre cada cambio o servicio lo que conlleva a un aumento en la eficiencia de los mismos así como a ahorrar costos, esto lo podemos ver reflejado en el siguiente análisis.

Por cada servicio realizado se utilizan 29 litros de aceite por motor y el litro de aceite Valvoline Premium Blue 15W40 tiene un costo de Q. 34,00.

Haciendo una rutina como indica el fabricante de realizar un servicio a cada 250 horas. Si se sabe que el motor es utilizado 12 horas al día en verano y 6 horas en invierno, da un total de 3 285 horas al año, lo que indica que haciendo la rutina que manda el fabricante se debe realizar 13 servicios al motor en el año, lo que tiene un costo de Q. 12 956,04.

Con el tiempo de utilización del motor al año per implementando la nueva rutina de mantenimiento el total de servicios al año deben ser 9, teniendo un costo de Q. 9 254,31 para el motor.

Al comparar los resultados anteriores se observa que con los nuevos tiempos de servicios planteados en este trabajo a comparación de los indicados por el fabricante tenemos un ahorro anual por motor de Q. 3 701,73 lo que significa un 28 % menos en costos.

### **3.7.3. Rutina de mantenimiento predictivo**

La nueva rutina de mantenimiento para los motores marca John Deere modelo 6081 utilizando lubricante marca Valvoline Premium Blue Classic SAE 15w40 se muestra en la tabla XVII.

Para otro tipo o marca de lubricante es necesario realizar el análisis anterior para poder generar una nueva rutina de mantenimiento ya que cada marca o tipo de lubricante tiene sus propias propiedades así como distintos aditivos, lo que provoca que los tiempos de servicio se alarguen o se acorten.

Las condiciones ambientales y de operación, también son causantes de prolongar o disminuir el tiempo de servicio. Para verificar estos patrones es necesario realizar las pruebas antes indicadas.

Figura 19. **Mantenimiento del motor John Deere modelo 6081**



Fuente: Manual del Operador para motor modelo 6081.

Tabla XVII. **Rutina de mantenimiento a 350 horas**

Ítem	Intervalos de lubricación y mantenimiento				
	Diariamente	350 horas	700 horas	2000 horas	Según se requiera
Revisión del nivel de aceite y refrigerante	X				
Revisión del filtro de combustible	X				
Inspección visual general	X				

Continuación de la tabla XVII.

Lubricación del cojinete de desembrague de la TDF		X			
Cambio del aceite del motor y el filtro		X			
Revisión del filtro de espuma del agujero de purga de la bomba de refrigerante		X			
Limpieza del tubo del respiradero del cárter			X		
Revisión de las mangueras, conexiones y el sistema de admisión de aire			X		
Sustitución de elemento(s) del filtro de combustible			X		
Revisión de la tensión y el desgaste de las correas			X		
Revisión del sistema de enfriamiento			X		
Revisión del amortiguador de vibraciones del cigüeñal			X		
Enjuague del sistema de enfriamiento				X	
Ajuste del juego de las válvulas del motor				X	
Adición de refrigerante					X
Sustitución de correa					X
Revisión de fusibles					X

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Para realizar un procedimiento simple y adecuado del análisis de aceite es necesario cumplir con los siguientes pasos: remover la varilla de medición del aceite, la manguera de succión debe ser de  $\frac{1}{4}$ " y el largo recomendado debe ser 6", remover la tapa del bote de muestra poniendo la bomba de succión; introducir la manguera en la bomba por uno de los lados y el resto de la manguera introducirlo en el ducto de la varilla de medición hasta que llegue al nivel del aceite, cuando el recipiente este lleno sellarlo inmediatamente y después identificarlo con los datos del motor del que se extrajo.
2. La implementación de un mantenimiento predictivo se crea mediante la recopilación de datos estadísticos, para monitorear el estado de las unidades evaluadas utilizando los análisis de aceite para la generación de los mismos, generando indicadores para predecir y determinar la rutina de mantenimiento.
3. Es necesario conocer los parámetros de desgaste de elementos metálicos de la muestra así como la verificación de aditivos y contaminantes externos e internos, esto con el fin de interpretar los resultados del análisis de aceite.

4. Las guías necesarias para la implementación del análisis de aceite usado son todos los registros que se llevan desde un análisis VOSO hasta la implementación de una rutina de mantenimiento predictivo, las estrategias utilizadas para la implementación están amarradas al costo beneficio, que se puede obtener al aplicar o no aplicar el análisis de aceite esto porque aplicando la técnica del análisis de aceite se puede obtener un ahorro de 28 % aproximadamente.
  
5. Con el análisis de aceite usado es posible prevenir mantenimientos correctivos anticipándose a la falla, por la interpretación que se le dé a cada análisis, creando una rutina de mantenimiento predictivo para poder predecir la falla.

## RECOMENDACIONES

1. Al realizar los procedimientos para el análisis de aceite usado, es necesario hacerlo de la manera en la que se indica en esta investigación para que los resultados obtenidos sean los correctos y el grado de error sea mínimo.
2. Tomar en cuenta la interpretación de los datos y darle énfasis para la toma de decisiones en el aumento o disminución del servicio que se le practique a un motor de combustión interna.
3. Para la adecuada operación de cada procedimiento, es importante que se genere una metodología de seguimiento constante. Para tal efecto, es necesario contar con todos los materiales para la implementación de un mantenimiento predictivo para un motor de combustión interna.
4. Hacer conciencia en las personas sobre la implementación de un mantenimiento predictivo, con el fin de que la implementación sea efectiva y eficiente.
5. Realizar análisis de aceite a todos los equipos disponibles para mejorar la eficiencia de los mismos y así ahorrar costos de mantenimiento.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ALTMANN, Carolina. *El análisis de aceite como herramienta del mantenimiento proactivo en flotas de maquinaria pesada*. Montevideo, Uruguay. 2005. 13 p.
2. ORANTES MARROQUÍN, Manolo Estuardo. *Montaje, instalación y mantenimiento preventivo de un motor de combustión interna John Deere junto con un generador Broadcrown para el funcionamiento de un pozo mecánico de agua, en la colonia La Brigada municipio de Mixco*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 208 p.
3. GUILLÉN FERNÁNDEZ, Luis Fernando. *Procedimiento para el análisis de muestras de aceite usado en la agroindustria*. Trabajo de graduación de Maestría en Mantenimiento. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 28 p.
4. DEERE, John. *Manual del operador para motor modelo 6081 hf001*. Estados Unidos: Deere, 2002. 180 p.
5. \_\_\_\_\_. *Manual técnico para motor modelo 6081 hf001*. Estados Unidos: Deere, 2005. 500 p.
6. SCHILLING, A. *Los aceites para motores y la lubricación de los motores*. España, Madrid, Interciencia, 1965. 175 p.

7. Monografías. *Degradación del aceite*. [en línea].  
<[www.monografias.com/trabajos17/biodegradacion-aceites/biodegradacion-aceites.shtml](http://www.monografias.com/trabajos17/biodegradacion-aceites/biodegradacion-aceites.shtml)>. [Consulta: 14 enero 2013].
8. Wikipedia. *Motor de combustión interna*. [en línea].  
<[www.es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna)>  
[Consulta: 20 febrero 2013].

# ANEXOS

## ANEXO 1

Reporte de análisis de aceite de los distintos motores

Motor identificado como 65797

# REPORTE DE ANÁLISIS DEL FLU

**N.º de Usuario:** 65797  
**Fecha de Emisión:** 07-Jul-13  
**Modelo:** 6081AF001  
**N.º de Serie:** Capocast

**Fecha de Recepción:** 07-Jul-13  
**Fecha de Reporte:** 02-Ago-13

**Número del Componente:** Motor Diesel  
**Nombre del Fabricante:** JUMI Diesel  
**Modelo:** 6081AF  
**N.º de Serie:** 316

**UIN**



**Norma:**  
**Diagnóstico:**

**Muestra Actual:**  
Tendencia de desgastes satisf (polvo/hierro/sellos) normal. No contaminación con agua. Diluio normal. Nivel de hollin / sólidos viscosidad esta dentro del rang  
**Acción:** Retomar muestra durar servicio para continuar monitior

**Ultima Muestra:**  
Tendencia de desgastes satisf (polvo/hierro/sellos) normal. No contaminación con agua. Diluio normal. Nivel de hollin / sólidos viscosidad esta dentro del rang  
**Acción:** Retomar muestra durar servicio para continuar monitior

**Cliente:**  
SEMAYESA HAME TALLER 1

HS	02-Jul-13	10-Abr-13	14-Jan-13	06-Dec-12	03-Nov-12	28-Sep-12
13660945	13189026	12960728	12960728	12960904	12962836	12451715
3697	3344	2981	2604	2252	1945	1945
3697	3344	2981	2604	2252	1945	1945
363	377	352	307	237	237	237
Valvoline Premium Plus Classic SAE 15W40						
363	377	352	307	237	237	237
Cambiado						
28	33	26	14	14	14	14
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2	3	<1	<1	<1	<1	<1
8	9	3	2	3	2	2
2	3	2	1	<1	<1	<1
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6	7	6	4	4	4	4
9	17	4	3	<1	<1	<1
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
16	28	17	59	16	16	16
3692	3684	2783	2692	3360	2773	2773
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1333	1229	1530	1333	1627	1275	1275
1465	1462	1752	1819	1752	1752	1752
115	116	141	122	109	109	109
64	36	59	28	110	84	84
1	1	1	0	0	0	0
<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
15.1	15.5	15.2	14.5	14.6	14.4	14.4
7.6	5.9	6.9	7.3	9.0	9.0	9.0
1.1	3.0	2.0	0.8	0.5	0.9	0.9
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Normal						

Fuente: Valvoline Fluid Analysis

## ANEXO 2

Motor identificado como 66264

# REPORTE DE ANÁLISIS DEL FL

**Código de Unidad:** 66264  
**Particula:** John Deere  
**Código:** 6081AF001  
**N.º de Serie:** 6081AF

**Fecha de la Muestra:** 14-Jun-13  
**Fecha de Recepción:** 15-Jun-13  
**Fecha de Reporte:** 24-Jun-13

**Nombre del Componente:** Motor Diesel  
**Nombre del Fabricante:** John Deere  
**Modelo:** 6081AF  
**N.º de Serie:** 6081AF

**14-Jun-13**  
13658887  
4822  
4822  
350  
Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40  
Cambiado

**24-Jun-13**  
13198320  
4472  
4472  
350  
Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40  
Cambiado

**24-Jun-13**  
12826813  
4121  
4121  
300  
Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40  
Cambiado

**21-Oct-12**  
12988003  
3821  
3821  
301  
Valvoline Premium Blue Classic SAE 15W40  
Cambiado

**12-Nov-12**  
1232616  
3520  
3520  
310  
Chevron Delo 400 MG SAE 15W40  
Cambiado

**17-Sep-12**  
12451688  
3010  
3210  
296  
Chevron Delo 400 MG SAE 15W40  
Cambiado



**Diag**

**Muestra Actual:**  
Tendencia de desgastes (povo/terrasellos) normal  
contaminación con agua. I normal. Nivel de hidrín / Sc viscosidad esta dentro del servicio para continuar mo

**Ultima Muestra:**  
Tendencia de desgastes (povo/terrasellos) normal  
contaminación con agua. I satisfactorio. La viscosidad operacional.  
Acción: Retomar muestra servicio para continuar mo

	14-Jun-13	24-Jun-13	24-Jun-13	21-Oct-12	12-Nov-12	17-Sep-12
18	29	23	19	19	20	20
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1	1	1	<1	<1	<1	<1
1	1	<1	<1	<1	<1	<1
4	7	3	4	3	3	3
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4	7	5	5	5	5	5
7	4	4	4	4	4	3
5	5	<1	<5	<1	<1	<5
11	14	16	17	16	14	14
3367	3306	2984	3819	3382	3643	3643
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1082	1596	1494	1291	1291	1309	1309
1002	1029	1170	1170	1170	1170	1170
83	103	146	122	122	104	104
<1	67	86	90	122	86	86
<1	0	0	0	<1	<1	<1
<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
No	No	No	No	No	No	No
14.4	14.0	14.2	14.2	14.6	14.0	14.0
3.3	4.9	7.4	7.2	8.4	8.4	8.4
0.5	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

**Ciente:**

Fuente: Valvoline Fluid Analysis.

# ANEXO 3

Motor identificado como 26777

## REPORTE DE ANÁLISIS DEL FLUIDO

**U**

1. No. Unidad: 26777  
 Tipo de Motor: Diesel  
 Modelo: GM1117001  
 Capacidad: Lts

Fecha de la Muestra: 11-Apr-13  
 Fecha de Recolección: 21-Apr-13  
 Fecha de Reporte: 03-May-13

Nombre del Componente: Motor Diesel  
 Nombre del Fabricante: GM1117001  
 Modelo: GM1117001  
 N° de Serie: 000117001  
 SMO:

Unidad	11-Apr-13	16-Feb-13	05-Jun-13
Kilts	13200036	13075526	12980686
Kilts	6050	5750	5400
Kilts	300	300	300
Lts	300	350	300
Cambio			
Kilts	34	45	34
Kilts	1	2	1
Kilts	2	4	1
Kilts	1	5	6
Kilts	1	2	1
Kilts	3	3	3
Kilts	2	2	1
Kilts	<1	<1	<1
Kilts	<1	<1	<1
Kilts	<1	<1	<1
Cambio			
Kilts	7	6	4
Kilts	3	6	10
Kilts	5	<5	17
Cambio			
Kilts	13	20	87
Kilts	2511	4110	3729
Kilts	44	<1	<1
Kilts	1444	1200	1105
Kilts	1647	1666	1386
Kilts	130	35	26
Kilts	79	27	18
Kilts	<1	1	<1
Kilts	<1	<1	<1
Cambio			
Kilts	<0.05	<0.05	<0.05
Kilts	Nu	Nu	Nu
Kilts	<1	<1	<1
Cambio			
Kilts	14.8	15.7	14.3
Kilts	7.1	3.9	7.0
Kilts	4.7	1.0	0.5
Kilts	15	N/A	11
Kilts	36	N/A	17
Kilts	13	N/A	7

**Normal**

**Normal**

**Normal**

**Mostrador de Diagnóstico**

Mostrador de Diagnóstico

**Muestra Actual:**  
 Tendencia de desgasificación (puntos de desgasificación) normal. No contaminación con agua. No saturación. La viscosidad es adecuada.  
**Acción:** Retomar muestra de servicio para continuar monitoreo.

**Última Muestra:**  
 Tendencia de desgasificación (puntos de desgasificación) normal. No contaminación con agua. Dilución normal. Nivel de hollín / sólidos viscosidad esta dentro del rango.  
**Acción:** Retomar muestra de servicio para continuar monitoreo.

**Cliente:** SEMAVE SA - HAME - TALLE

Fuente: Valvoline Fluid Analysis.

# ANEXO 4

Motor identificado como 20635

## REPORTE DE ANÁLISIS DEL FLU

**N.º de Unidad:** 20635  
**Fabricante:** John Deere  
**Modelo:** 6051AF001  
**Capacidad:** 300 Lts

**Fecha de la Muestra:** 24-Mar-13  
**Fecha de Recopila:** 11-Apr-13  
**Fecha de Reporte:** 15-Ago-13

**Nombre del Componente:** Motor Diesel  
**Nombre del Fabricante:** MOCOTEC  
**Modelo del Veh.:**  
**Sillo:**

**UIN**

24-Mar-13	13-Ago-13	11-Mar-13		
13183008	13075621	12380555		
5000	5700	5400		
5000	5700	5400		
300	300	300		
Valvoline	Valvoline	Chevron		
Premium Plus	Premium Plus	Deli-Ann MC		
Classic	Classic	SAC 15W40		
SAC 15W40	SAC 15W40	SAC 15W40		
300	300	300		
Camionabo	Camionabo	Camionabo		

51	43	41	
2	1	1	
<1	1	<1	
3	3	3	
4	4	4	
3	3	2	
<1	<1	<1	
<1	<1	<1	
<1	<1	<1	
8	7	5	
6	7	9	
<1	<5	12	

16	13	85	
3450	3434	3592	
<1	<1	<1	
1512	1300	1165	
1578	1503	1353	
1/2	25	29	
75	11	17	
0	1	<1	

-0.05	-0.05	-0.05	
No	No	No	
<1	<1	<1	
14.2	15.3	15.0	
5.9	6.4	6.4	
4.49	4.49	3.93	
2.0	0.9	0.8	
N/A	N/A	10	
N/A	N/A	9	
✓	✓	✓	Normal
Normal	Normal	Normal	Normal

**Ítem:** **OHIO** **NOPIJ**

**Unidad:** **OHIO** **NOPIJ**

**Resultado:** **14.2** **15.3** **15.0**

**Unidad:** **5.9** **6.4** **6.4**

**Resultado:** **4.49** **4.49** **3.93**

**Unidad:** **2.0** **0.9** **0.8**

**Resultado:** **N/A** **N/A** **10**

**Unidad:** **N/A** **N/A** **9**

**Resultado:** **Normal** **Normal** **Normal**

**Muestra Actual:**

**Diagnóstico:** Normal

Tendencia de óxidos sulfatados (povoherrumientos) normal. No se detecta contaminación con agua. Diluibilidad normal. Nivel de hollín / sólidos viscosidad esta dentro del rango.

**Acción:** Retomar muestra durante servicio para continuar monitoreo.

**Última Muestra:**

Tendencia de óxidos sulfatados (povoherrumientos) normal. No se detecta contaminación con agua. Diluibilidad normal. Nivel de hollín / sólidos viscosidad esta dentro del rango.

**Acción:** Retomar muestra durante servicio para continuar monitoreo.

**Cliente:** SEMAVESA HAME TALLER M

Fuente: Valvoline Fluid Analysis.

## ANEXO 5

### Ficha técnica del aceite lubricante Valvoline Premium Classic SAE 15W40

# Product Information

A PRODUCT OF VALVOLINE, A DIVISION OF ASHLAND INC.



## Valvoline's Premium Blue<sup>®</sup> Classic Engine Oil

Valvoline's Premium Blue Classic Engine Oil is designed to provide advanced lubricant performance in modern, low emission diesel engines - including engines with cooled exhaust gas recirculation (EGR) - operating under a wide variety of service conditions. The advanced product technology offers a long-life, extended drain capable \*, balanced formulation which helps maximize engine durability.

### The Premium Blue Classic Advantage

- Unique dispersive polymer technology (DPT), along with premium Group II baseoil, provides advanced soot control, and cold starts protection.
- Valvetrain wear protection and reduced oil filter restriction at high soot levels.
- High temperature deposit control, including single and two-piece pistons, and ring/liner wear protection.
- Higher TBN level for long-life performance.
- Extensively tested in Cummins', as well as other OEM, engines.

Valvoline's Premium Blue Classic Engine Oil is endorsed by Cummins Engine Company and has been tested extensively by Valvoline and Cummins in stationary and on-road EGR engines. It is also approved against the CES 20078 specification. It is a Mack EO-N Premium Plus 2003 approved oil and is approved against Volvo VDS-3 and DDC Power Guard 93K214. It exceeds the lubrication requirements for Caterpillar, Detroit Diesel, Navistar, and other heavy duty diesel engines, including engine performance requirements of Caterpillar ECF-1A and ECF-2, and the Global DHD-1 Specification. The product meets API CI-4 Plus, API CI-4, API CH-4, CG-4, CF-4, CF / SL, the performance requirements of ACEA E3-96, E5-02, E7-08 and the engine requirements of DB 228.3, DDC 2000/4000 Series Type2/Type 1, MTU Type2/Type1, MAN 3275, and MAN 271. It provides excellent performance in "mixed fleet" gasoline engines, pickup and delivery, city fleet, long haul over-the-road, and off-highway applications.

Typical Properties	15W-40
Viscosity @ 40 C, cSt	112.9
Viscosity @ 100 C, cSt	15.0
Viscosity Index	135
CCS Viscosity @ - 20 C, cP	6600
Borderline Pumping Viscosity @ - 25 C, cP	17,100
High Temp. High Shear Viscosity @ 150 C, cP	4.23
Noack Volatility, % loss	11.22
Pour Point, deg. C	-30
Sulfated Ash, %	1.6
Total Base Number (D-2896)	12
Foam / Aeration Test	Pass
Part Numbers	
Bulk	592862
Tote	591840
55 gal drum	591839
5 gal pail	591838

Endorsed and Recommended by Cummins Inc.



\* To determine your optimum maintenance interval, consult your owner's manual or call Valvoline at 1-800-ALL-FLEET. Results may vary based on environment, operating, and maintenance procedures.

Refer to Valvoline's Material Safety Data Sheet for health and safety information.

This information only applies to products manufactured in the following location(s): USA, Canada.

Effective Date:	Expiration Date:	Replaces:	Author's Initials:	Pages	Code
06/08/2011	NA	06/26/2009	JRT	1	PBC 1101

**ASHLAND**

Fuente: Valvoline.