



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE MODELO ÓPTIMO DE MIGRACIÓN  
DE ACEITE MINERAL A SINTÉTICO PARA  
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE  
EQUIPOS CON MOTORES JOHN DEERE: 2018”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autor:

Ernesto Rafael Malaga Chanji

Asesor:

Ing. Dr. Mg. Lic. Ena Mirella Cacho Vásquez

Cajamarca - Perú

2018

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por ser mi mayor prioridad y el motor que impulsa mi esfuerzo hacia el logro de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme lograr mis metas, a mi esposa e hijos, por su comprensión y apoyo durante el tiempo que tomó culminar mis estudios.

A las personas que colaboraron con información para la culminación de la investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDO .....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática .....	8
1.2. Formulación del problema .....	9
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo general .....	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. Hipótesis .....	9
1.4.1. Hipótesis general.....	9
1.4.2. Hipótesis específicas.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	10
2.1. Tipo de investigación .....	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	14
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de Instrumentos y métodos .....	10
Tabla 2	Viscosidad de aceite .....	11
Tabla 3	Límite de desgaste Normal.....	12
Tabla 4	Identificación de los motores utilizados.....	14
Tabla 5	Motor John Deere 20635 .....	15
Tabla 6	Motor John Deere 26777 .....	16
Tabla 7	Motor John Deere 65797 .....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Indicadores de tipo de aceite .....	11
---	----

## RESUMEN

La presente investigación presenta el diseñar un modelo óptimo de cambio de aceite para incrementar la vida útil de los motores Jhon Deere, con una muestra 10 vehículos de maquinaria pesada JHON DEERE, se llevó a cabo asesorías, encuestas, análisis de datos históricos y uso eficiente de la información lo que permitió identificar la existencia de incremento en costos por el intervalo de cambio de aceite en equipos realizado cada 250 horas.

Mediante el uso de fuentes de información primaria se pudo determinar que diversos autores realizan estudios comparativos de aceite mineral frente al aceite sintético, donde concluyen que los intervalos de cambio de lubricante se pueden extender a mayor tiempo, usando aceite sintético. Por otro lado se exponen los beneficios y características de este, tendiendo como ventaja principal mejor durabilidad de los componentes internos de los motores y la disponibilidad mecánica de equipos.

**PALABRAS CLAVE:** migración, aceite mineral, aceite sintético, disponibilidad, motores, Jhon Deere.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La Lubricación en la industria actual es imprescindible para el correcto funcionamiento de equipos automotores y maquinaria en general; Según Sáenz (2017), la principal función de un lubricante es la de evitar, o reducir todo lo posible, el contacto directo entre metales que se encuentren en movimiento, trabajando a alta presión y elevadas temperaturas. En tal sentido, Reber afirma que, “La selección de un lubricante se realiza mediante el cálculo de las propiedades de este, y un estudio de desempeño del mismo, bajo factores operacionales que el usuario requiere en sus equipos” (como se cita en Díaz (2006)). Así mismo, Widman (s.f) y Contruction Equipment (2015), exponen que el desempeño del lubricante, así como la estimación del intervalo de cambio, se realiza a través del análisis de aceite usado, y de acuerdo con Buchelli (2015), consiste en una serie de pruebas de laboratorio para medir parámetros de viscosidad, insolubles, TBN, agua, dilución de combustible, oxidación y metales de desgaste, sus rangos son establecidos por el fabricante.

Existen diversos tipos de lubricantes, como los aceites minerales, que proceden de la destilación fraccionada del petróleo crudo; aceites sintéticos, que son creados por subproductos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio; y los semi sintéticos, cuya base es una combinación de aceites minerales y de sintéticos en diferente proporción, como se presenta en la investigación de Casado (2015). Artículos presentados por Reability (2019), indican que el uso de los lubricantes sintéticos reduce costos de operación y mantenimiento, protegiendo un equipo y ahorrando energía.

En Perú, existen empresas que trabajan con flotas de equipos, donde es necesario optimizar su rendimiento al máximo, tal es el caso de una empresa del rubro minero, que trabaja con 10 equipos que poseen motores de la marca Jhon Deere, y de acuerdo con información registrada durante el año 2018, existe incremento en costos por el intervalo de cambio de



aceite realizado cada 250 horas. Por ello se plantea el diseño de un modelo óptimo de migración de aceite de modo que se pueda incrementar la vida útil de motores en los equipos con los que trabaja la empresa.

## 1.2. Formulación del problema

¿El diseño de un modelo óptimo de migración de aceite mineral a sintético, genera un impacto positivo en la vida útil de los motores John Deere?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

- Diseñar un modelo óptimo de cambio de aceite para incrementar la vida útil de los motores John Deere.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de motores
- Diseñar el modelo óptimo del cambio de aceite en los motores John Deere
- Evaluar el costo del modelo óptimo del cambio de aceite en los motores John Deere.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

El diseño de un modelo de cambio de aceite impacta en la vida útil de un motor en la empresa minera YANACocha SRL: 2018

### 1.4.2. Hipótesis específicas

La cantidad de horas trabajadas afecta al cambio de aceite e influye en la vida útil de un motor en la empresa minera YANACocha SRL: 2018.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es aplicada, ya que se hizo uso de todo el aprendizaje estadístico adquirido, permitiendo una óptima solución en el desarrollo cuantitativo de tal modo que se obtuvo datos precisos que permitieron el adecuado proceso de investigación, las mediciones, el análisis de los datos estadísticos y de las variables que definen el tipo de problema a solucionar. Además, en cuanto a las cualidades específicas del problema, se llevó a cabo asesorías, encuestas, análisis de datos históricos y uso eficiente de la información que se adquiriera dentro del desarrollo de la investigación.

### 2.2. Población y muestra

- Población: Todos los vehículos de maquinaria pesada JHON DEERE
- Muestra: 10 vehículo de maquinaria pesada JHON DEERE

### 2.3. Instrumentos y métodos

Tabla 1

*Matriz de Instrumentos y métodos*

Objetivo específico	Indicador	Técnica	Instrumento
Analizar e identificar el conjunto de elementos que caracterizan la periodicidad del cambio de aceite de un motor.	Medir la efectividad de la periodicidad del cambio de aceite de un motor.	Fórmulas estadísticas	Software estadístico
Seleccionar los aportes de los modelos de la periodicidad del cambio de aceite de un motor existentes y construir un modelo estadístico para el cambio de aceite de un motor.	Medir la efectividad de la periodicidad del cambio de aceite de un motor.	Fórmulas estadísticas	Software estadístico

Fuente: Elaboración propia

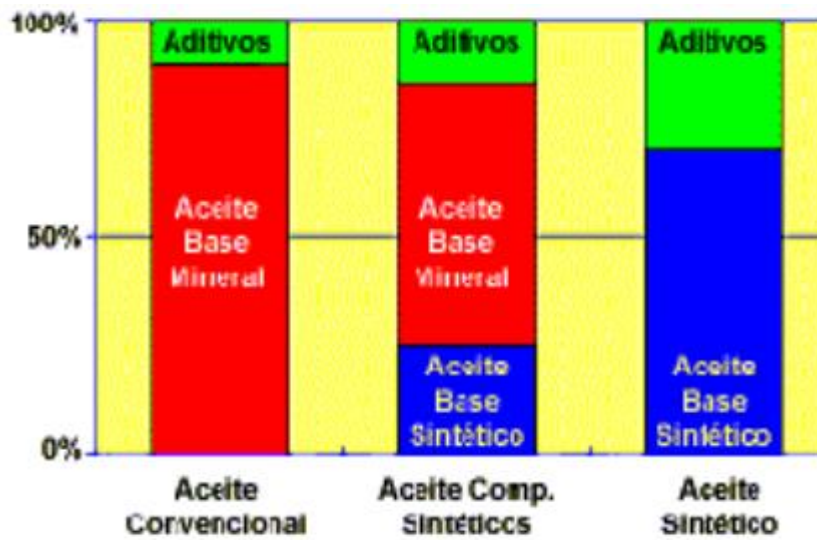


Figura 1. Indicadores de tipo de aceite

Fuente Elaboración Manual de JHON DEERE 2015

Tabla 2

*Viscosidad de aceite*

Viscosidad (SAE j300)	
Viscosidad de aceite a temperaturas operacionales (100 °C) requeridas por el diseño de motor.	Viscosidades SAE para escoger
5.6 cSt – 9.6 cSt	0W-20, 5W-20,20
9.3 cSt – 12.5 cSt	0W-30, 5W-30, 10W-30, 30
12.5 cSt – 16.3 cSt	0W-40, 5W-40, 15W-40, 40
16.3 cSt – 21.9 cSt	0W-50, 5W-50, 10W-50, 20W-50, 25W-50, 50

Fuente Elaboración Manual de JHON DEERE 2015

Tabla 3

*Límite de desgaste normal*

LÍMITES DE DESGASTE NORMAL		
Elemento	ppm	Comentarios
<b>Silicio</b> (Tierra) <i>Silicon</i>	2-10	Niveles encima de 10 ppm empiezan a mostrarse con un desgaste significativo.
<b>Hierro</b> <i>Iron</i>	2-50	Un motor pequeño debería ser entre 2 y 15 ppm, mientras un motor grande puede ser entre 10 y 50 ppm.
<b>Cromo</b> <i>Chromium</i>	1-8	Depende mucho de la cantidad de piezas cromadas en el motor.
<b>Aluminio</b> <i>Aluminum</i>	2-15	Después de descartar lo que entró con la tierra, dependerá mucho del diseño del motor. Un bloque de aluminio mostrará más desgaste de aluminio y menos partículas de hierro.
<b>Cobre</b> <i>Copper</i>	2-5	Aceleración fuerte o enfriador de aceite mostrará valores más altos. Muchos motores pueden quedar cerca de 5 ppm.
<b>Sodio</b> <i>Sodium</i>	0-10	Depende del combustible y medio ambiente. Valores mayores son contaminaciones por agua.
<b>Plomo</b> <i>Lead</i>	2-10	Aceleración fuerte o largos periodos sin utilizar el motor, falta de viscosidad del aceite o motor sin usar varios meses.

Fuente: Elaboración Manual de JHON DEERE 2015

### 2.3. Procedimiento:

1. Efectuando una exhaustiva revisión bibliográfica.
2. Recopilando información que sustente el desarrollo de la investigación.
3. Investigando lo relacionado a los Lubricantes Industriales, en cuanto a: - manipulación, - almacenaje, - características físicas y químicas, etc.
4. Reconociendo variables que influyen en la Selección de Lubricantes.
5. Reconociendo variables que influyen en la Aplicación de Lubricantes.
6. Identificando variables que se tomen en cuenta para la implementación de Planes de Lubricación.

7. Investigando acerca de la implementación de Planes de Lubricación para la maquinaria industrial.
8. Diseñando a modo de ejemplo un Plan de Lubricación para un equipo.
9. Efectuando una visita técnica a los laboratorios, con el fin de recopilar información y conocer en terreno todo lo concerniente a los Análisis de Aceite.
10. Detallando y describiendo el tipo de ensayos que se le ejecutan a los Lubricantes Industriales.
11. Estableciendo el tipo de instrumentos y equipos que son utilizados para efectuar los Análisis de Aceite y donde se pueden obtener.
12. Determinando la información que los Análisis de Aceite entregan y su posterior aplicación en el Mantenimiento de Equipos.

## **2.4.Aspectos éticos**

### **2.4.1. Autonomía**

Los estudiantes de ingeniería industrial, tendrán la libertad de manifestar su voluntad de participar en la investigación, sin ser influenciados y/o presionados por otras personas o por la investigación

### **2.4.2. Reciprocidad**

Los participantes ya sean los colaboradores de la empresa. Obtendrán beneficios por parte del estudio y las mejoras realizadas.

### **2.4.3. Consentimiento informado:**

Los colaboradores de la empresa, son conscientes de que participaran en esta investigación.

### **2.4.4. Respeto y Honestidad**

Con los colaboradores y dueño de la empresa.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

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 4

*Identificación de los motores utilizados*

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

Fuente: Elaboración Manual de JHON DEERE 2015

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 5

*Motor John Deere 20635*

---

**Motor John Deere 6081 número 20635**

---

**Año 2013**

---

**Aceite utilizado:** Valvoline

Premium Blue Classic SAE 15W40

**Toma de muestra:** 24 de marzo de 2013

**Viscosidad:** 14.2 cSt

**TBN:** 6.8

**Hodómetro:** 300 horas

**Reporte laboratorio:** NORMAL

---

**Aceite utilizado:** Valvoline

Premium Blue Classic SAE 15W40

**Toma de muestra:** 13 de febrero de 2013

**Viscosidad:** 15.3 cSt

**TBN:** 5.9

**Hodómetro:** 300 horas

**Reporte laboratorio:** NORMAL

---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

*Motor John Deere 26777*

---

**Motor John Deere 6081 número 26777**

---

**Año 2013**

---

**Aceite utilizado:** Valvoline

Premium Blue Classic SAE 15W40

**Toma de muestra:** 11 de abril de 2013

**Viscosidad:** 14.8 cSt

**TBN:** 7.1

**Hodómetro:** 300 horas

**Reporte laboratorio:** NORMAL

---

**Aceite utilizado:** Valvoline

Premium Blue Classic SAE 15W40

**Toma de muestra:** 11 de febrero de  
2013

**Viscosidad:** 15.2 cSt

**TBN:** 5.9

**Hodómetro:** 350 horas

**Reporte laboratorio:** NORMAL

---

Fuente: Elaboración propia

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 7

*Motor John Deere 65797*

<b>Motor John Deere 6081 número 65797</b>	
<b>Año 2013</b>	<b>Año 2012</b>
<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	<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
<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	<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

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Establecer la adquisición de los repuestos de motores en JHON DEERE en cantidad y tiempo óptimos de los componentes críticos; efectuando un estudio de stocks mínimos y máximos considerando la criticidad de los repuestos y de la reposición automática de los mismos. Como por ejemplo, de acuerdo a los niveles de consumo de los filtros de aire se puede establecer la cantidad mensual de adquisición de estos componentes y el correcto nivel de stock que permita manejar un correcto mantenimiento sin pérdida de producción. Mediante la aplicación de RCM se establece como prioridad la eliminación de las fallas inaceptables (las cuales ponen en riesgo la continuidad de la operación).

## 4.2 Conclusiones

- Mediante la evaluación de información primaria y secundaria se realizó el diseño del modelo óptimo de cambio de aceite para incrementar la vida útil de los motores Jhon Deere.
- El diagnóstico inicial de motores permitió conocer periodos de recambio de aceite, así como las reparaciones realizadas y la compresión del motor al utilizar aceite mineral.
- El diseño del modelo óptimo del cambio de aceite en los motores Jhon Deere se pudo realizar con pruebas después del uso de aceite mineral, pasando de 250 horas a 500 horas.
- El costo del modelo óptimo del cambio de aceite en los motores Jhon Deere, se determina por los costos del aceite sintético frente al aceite mineral.

## REFERENCIAS

- Buchelli Carpio, L., & García Granizo, V. (Septiembre de 2015). Detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diesel mediante la técnica de análisis de aceite. *CIENCIA UNEMI*. Recuperado el 15 de Julio de 2019, de <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/202/200>
- Casado De Diego, Á. (2015). *Estudio quimiométrico de aceites lubricantes marinos*. Memoria, Escuela universitaria de ingeniería técnica industrial de bilbao, Bilbao. Recuperado el 9 de Julio de 2019, de [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16220/2\\_Memoria.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16220/2_Memoria.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Contruction Equipment. (18 de Septiembre de 2015). You can optimize your oil change intervals—all you need is a plan. *Contruction Equipment*. Obtenido de <https://www.constructionequipment.com/blog/you-can-optimize-your-oil-change-intervals-all-you-need-plan>
- Díaz Sepúlveda, J. (2006). *Documento de apoyo a la gestion de mantenimiento, para la seleccion y aplicacion de lubricantes*. Tesis, Valdivia- Chile. Recuperado el 8 de Julio de 2019, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmficid542d/doc/bmficid542d.pdf>
- RehabilityWeb. (2019). Los Lubricantes Sintéticos. *RehabilityWeb.com*. Obtenido de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/los-lubricantes-sinteticos/>
- Sanz Acebes, S. (2017). *Motores. Novedad 2017*. Perú: Editex. Recuperado el 8 de Julio de 2018, de [https://books.google.com.pe/books?id=\\_vrIDgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=lubricaci%C3%B3n+de+motores+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjw-S4qbfjAhWGxVkJHRasDB8Q6AEILjAB#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=_vrIDgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=lubricaci%C3%B3n+de+motores+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjw-S4qbfjAhWGxVkJHRasDB8Q6AEILjAB#v=onepage&q&f=false)
- Widman, R. (s.f). El problemático cálculo del punto óptimo para el cambio de aceite. *mantenimientomundial.com*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/punto-optimo-cambio-aceite.pdf>