UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz

PROYECTO TÉCNICO:

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROACTIVO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN GIRč N EN BASE AL ANÁLISIS DE ACEITES"

AUTORES:

CHRISTIAN SANTIAGO MOGROVEJO PASATO

LUIS MIGUEL SIGÜENZA CABRERA

TUTOR:

ING. MILTON OSWALDO GARCÍA TOBAR, MsC.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Christian Santiago Mogrovejo Pasato con documento de identificación N° 0105743843 y Luis Miguel Sigüenza Cabrera con documento de identificación N° 0105674873, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROACTIVO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN GIRÓN EN BASE AL ANÁLISIS DE ACEITES"**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2020

Christian Santiago Mogrovejo Pasato
C.I. 0105743843

Luis Miguel Sigüenza Cabrera
C.I. 0105674873

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROACTIVO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN GIRÓN EN BASE AL ANÁLISIS DE ACEITES"**, realizado por Christian Santiago Mogrovejo Pasato y Luis Miguel Sigüenza Cabrera, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2020

Ing. Milton García Tobar, MsC.

C.I. 0104282181

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Christian Santiago Mogrovejo Pasato con documento de identificación N° 0105743843 y Luis Miguel Sigüenza Cabrera con documento de identificación N° 0105674873, autores del trabajo de titulación: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROACTIVO PARA LA FLOTA DE VEHÍCULOS DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN GIRÓN EN BASE AL ANÁLISIS DE ACEITES",** certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, junio de 2020

Christian Santiago Mogrovejo Pasato
C.I. 0105743843

Luis Miguel Sigüenza Cabrera
C.I. 0105674873

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, a mis padres por su incondicional apoyo, así como también a mi familia y amistades quienes de una u otra manera estuvieron a lo largo de este camino apoyándome para lograr cumplir con esta meta.

Christian M.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios por brindarme la fortaleza para asumir el reto de la vida universitaria.

Agradecer a mis padres, quienes se han esforzado por brindarme todo lo necesario para llegar al punto en el que me encuentro.

GRACIAS TOTALES

Luis S.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres
y hermana quienes estuvieron presentes
durante el desarrollo del mismo con su
apoyo incondicional y me han impulsado
con motivación y consejo a seguir
adelante en lo que me proponga.

Christian. M.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado para mis padres María y Luis, quienes son los partícipes en su gran mayoría de haber culminado con esta etapa de mi vida.

A mis hermanos, amigos y familiares, que a lo largo de este proceso me han brindado todo su apoyo incondicional.

Luis S.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en desarrollar un plan de mantenimiento proactivo basado en el análisis de aceite, con la finalidad de ser aplicado la flota de vehículos del GAD Municipal del cantón Girón.

Como primera instancia, se recopiló todo el fundamento teórico necesario para el mejor entendimiento del tema. Además, se conoció la situación actual que atraviesa el GAD municipal del cantón Girón en cuanto a tareas de mantenimiento de su flota vehicular.

Posterior a esto se estableció un protocolo para realizar una correcta toma de muestras de los 17 vehículos pertenecientes a la flota, adicionalmente se dio a conocer los materiales e insumos a ocupar y como se deben almacenar las muestras obtenidas para posteriormente realizar el respectivo análisis.

Para llevar a cabo dicho análisis; se utilizó un analizador de aceite, el mismo que utiliza un sensor que proporciona cuatro parámetros: temperatura, constante dieléctrica, viscosidad y densidad.
Con ello se determinaron las curvas de los aceites base 15w40 - 20w50 respectivamente y sus límites máximos de variación permisibles. Posteriormente se efectuó un análisis comparativo haciendo uso de gráficas con el fin de ilustrar las variaciones porcentuales de cada parámetro del aceite nuevo versus el usado.
Al concluir el análisis de aceite se observó que un gran porcentaje de vehículos se conservan dentro de los límites permisibles, manteniendo así un estado del aceite apto para cumplir con los requerimientos necesarios para la lubricación.

Finalmente, partiendo de los resultados que se obtuvieron en el análisis, se estableció un plan de mantenimiento proactivo para todos y cada uno de los vehículos tomando en consideración la posibilidad de alargar la permanecía del lubricante dentro del motor, precautelando la vida del motor en todo momento como prioridad.

SUMMARY

The following project consists of the development of a proactive maintenance plan based on oil analysis for the vehicle fleet of the Municipal GAD of the Girón district.

As a first instance, all the necessary theoretical foundation was collect, for improve the understanding of the topic. In addition, the current situation of the municipal GAD of the Girón district regarding maintenance tasks of its vehicle fleet was identified.

As result, a protocol was established to take a correct sampling of the 17 vehicles belonging to the fleet. Additionally, the materials and supplies used, and how the collected samples should be stored for subsequent analysis were disclosed.

For the vehicle oil analysis, an oil analyzer was used which provided four parameters through a sensor: temperature, dielectric constant, viscosity and density.

The curves of the base of the oils 15w-40 and 20w-50 and their maximum limits of variation were determined respectively. A comparative analysis using graphics was created in order to illustrate the percentage variations of each parameter of the new oil versus the used oil.

At the end of the analysis it was found that a large percentage of vehicles stayed within their permissible limits, and maintained an appropriate oil condition to reach the necessary requirements for lubrication.

Lastly, starting of the results obtained by the analysis, a maintenance plan was established for each one of the vehicles, taking in consideration the possibility of extending the lubricant permanence into the engine, guarding engine life at all time as a priority

CONTENIDO

1 Capítulo 1: Fundamento Teórico y Estado del Arte 1

1.1 Estado del Arte 1

1.2 Motor de Combustión Interna. 3

1.2.1 Ciclos de trabajo de un Motor de Combustión Interna 4

1.3 Sistema de Lubricación en los Motores de Combustión Interna 6

1.3.1 Componentes Típicos 7

1.3.2 Elementos Básicos que Requieren Lubricación 8

1.3.3 Funciones del Sistema de Lubricación 8

1.4 Aceite Lubricante 9

1.5 Análisis de Aceite 14

1.5.1 Beneficios 14

1.6 Principales Técnicas de Medición 14

1.6.1 Análisis de Viscosidad 15

1.6.2 Resultados Analíticos 16

1.6.3 Viscosímetro 17

1.7 Análisis de Modos de Falla 17

1.7.1 Modos de Falla Antes del Muestreo de Aceite 18

1.7.2 Beneficios de la Herramienta FMEA 18

1.7.3 Metodología 19

1.8 Mantenimiento 20

1.8.1 Objetivos del Mantenimiento 20

1.8.2 Mantenimiento Proactivo 21

1.9 Situación Actual del Mantenimiento de la Flota de Vehículos y Equipos del GAD Municipal del Cantón Girón. 23

1.9.1 Determinación del Estado del Motor 23

1.9.2 Personal Encargado del Mantenimiento 24

1.9.3 Lugar Destinado para el Mantenimiento de Equipos 24

1.9.4 Almacén de Repuestos 25

1.10 Vehículos y Maquinaria dentro del GAD Municipal 26

1.11 Lubricantes Utilizados en el Motor 27

1.11.1 Aceite para motor Gulf Supreme Duty XLE SAE 15w40 28
1.11.2 Aceite para motor PDV Supra Premium Api Sn SAE 20w50 29
2 Capítulo 2: Protocolo de Muestreo para la Recolección de Muestras 30
2.1 Plan de Muestreo 30
2.1.1 Aislamiento del Ambiente 31
2.1.2 Determinación del Punto de Muestreo 31
2.1.3 Frecuencia de Muestreo 33
2.1.4 Almacenamiento de las Muestras 34
2.1.5 Recipiente a Usar para la Recolección de Muestras 34
2.1.6 Identificación de la Muestra de Aceite 35
2.1.7 Estandarización del Muestreo 36
3 Capítulo 3: Análisis de Resultados 37
3.1 Aplicación de la Técnica de Análisis de Aceite 37
3.1.1 Determinación de los Límites de Variación 37
3.1.2 Aceite Base 39
3.1.3 Aceite Gulf 15w40 40
3.1.4 Aceite PDV 20w50 41
3.1.5 Análisis Rápido del Lubricante 43
3.1.6 Suzuki Grand Vitara SZ 44
3.1.7 Volquetes Hino GH 46
3.1.8 Nissan Xtrail Diésel 51
3.2 Comparativa Global 53
4 Capítulo 4: Elaboración: Plan de Mantenimiento Proactivo 60
4.1 Proceso 60
I. Conclusiones y Recomendaciones 63
Bibliografía 66
A. Anexo A 69
B. Anexo B 85
C. Anexo C 97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Grafica de Pareto....2
Figura 1.2: Modelo de matriz de criticidad....3
Figura 1.3: Motor Diésel 3.0v6T Cayenne –Porsche....4
Figura 1.4: Fase de admisión....4
Figura 1.5: Fase de Compresión....5
Figura 1.6: Fase de explosión....6
Figura 1.7: Fase de escape....6
Figura 1.8: Diagrama del circuito de lubricación....8
Figura 1.9: Lubricación en superficies móviles....9
Figura 1.10: Esquema del índice de viscosidad....10
Figura 1.11: Tipos de Viscosímetros....17
Figura 1.12: Ciclo de fallo de un equipo....18
Figura 1.13 Etapas del proceso de FMEA....19
Figura 1.14: Acción a tomar en un equipo....20
Figura 1.15: Técnico realizando labores de mantenimiento....21
Figura 2.1: Bomba manual de succión de aceite....30
Figura 2.2: Método asilamiento del ambiente....31
Figura 2.3: Ubicación del punto de muestro....32
Figura 2.4: Puerto de muestreo....32
Figura 2.5: Recipiente de polietileno de alta densidad....35
Figura 3.1 Límites dados para la viscosidad....38
Figura 3.2: Comportamiento de la viscosidad del aceite base 15w40....40
Figura 3.3: Comportamiento de la constante dieléctrica del aceite base 15w40....40
Figura 3.4: Comportamiento de la densidad del aceite base 15w40....41
Figura 3.5 Comportamiento de la viscosidad aceite PDV 20W50....42
Figura 3.6 Comportamiento de la constante dieléctrica aceite PDV 20W50....42
Figura 3.7: Comportamiento de la viscosidad aceite PDV 20W50....43
Figura 3.8: Constante dieléctrica del lubricante, Suzuki SZ....44
Figura 3.9: Viscosidad del lubricante, Suzuki....45

Figura 3.10: Constante dieléctrica del lubricante, volquetes Hino GH 46
Figura 3.11: Constante dieléctrica del lubricante, Volquetes Hino GH 47
Figura 3.12 Viscosidad del lubricante, Volquetes Hino GH 48
Figura 3.13: Viscosidad del lubricante, Volquetes Hino GH 50
Figura 3.14: Constante dieléctrica del lubricante, Nissan Xtrail 52
Figura 3.15: Viscosidad del lubricante, Nissan Xtrail.....53
Figura 3.16: Constante dieléctrica a 2500km en vehículos diésel.....54
Figura 3.17: Viscosidad a 2500km en vehículos diésel.....55
Figura 3.18:Constante dieléctrica a 200h en vehículos diésel.....55
Figura 3.19: Viscosidad a 200h en vehículos a diésel.....56
Figura 3.20: Constante dieléctrica a 2500km en vehículos a gasolina.....56
Figura 3.21: Viscosidad a 2500km en vehículos a gasolina.....57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Constante dieléctrica de varias substancias 12
Tabla 1.2: Valor de la densidad según la viscosidad 13
Tabla 1.3:Lista de vehículos y maquinaria del GAD Municipal 26
Tabla 1.4: Ficha técnica SANY SY210C 27
Tabla 1.5: Características del aceite Gulf 15w40 28
Tabla 1.6:Características del aceite PDV 20w50 29
Tabla 2.1:Frecuencia de muestreo recomendada para la industria automotriz 33
Tabla 2.2:Simbología del nivel de limpieza de los recipientes 35
Tabla 2.3: Membrete de identificación 36
Tabla 3.1 límites establecidos para el análisis 39
Tabla 3.2 Comparativa del estado de los parámetros del aceite de los volquetes 51
Tabla 4.1 Propuesta de mantenimiento 62
Tabla I.1: Estado de los parámetros del aceite 63
Tabla A.1: Ficha técnica New Holland B110B 69
Tabla A.2 Ficha técnica Mazda BT50 70
Tabla A.3: Ficha técnica Nissan NP300 71
Tabla A.4 Ficha Técnica International 4700DT466 72
Tabla A.5: Ficha Técnica JCV Vibromax 73
Tabla A.6: Ficha Técnica Volquete 1 74
Tabla A.7: Ficha técnica Volquete 2 75
Tabla A.8: Ficha técnica Volquete 3 76
Tabla A.9: Ficha técnica Nissan Xtrail 77
Tabla A.10: Ficha Técnica Toyota Hilux 78
Tabla A.11: Ficha Técnica Mazda B2600 79
Tabla A.12: Ficha técnica Grand Vitara SZ 80
Tabla A.13: Ficha técnica Mazda BT50 DI 81
Tabla A.14: Ficha técnica Trooper Wagon 82
Tabla A.15: Ficha técnica International 4900 83
Tabla A.16: Ficha técnica New Holland RG140B 84
Tabla B.1: Resultados del análisis Trooper Wagon 85

Tabla B.2: Resultados del análisis Toyota Hilux 87
Tabla B.3: Resultados del análisis Np300 88
Tabla B.4: Resultado del análisis Mazda BT50 89
Tabla B.5: Resultado del análisis SANY 210C 90
Tabla B.6: Resultados del análisis Mazda B2600 91
Tabla B.7: Resultados del análisis New Holland B110B 92
Tabla B.8: Resultado del análisis International 4900 93
Tabla B.9: Resultados del análisis New Holland RG140B 94
Tabla B.10: Resultados del análisis Mazda BT50D 95
Tabla B.11: Resultados del análisis International 4700DT466 96
Tabla C.1 Propuesta de mantenimiento Isuzu Trooper 97
Tabla C.2 Propuesta de mantenimiento Isuzu Trooper 98
Tabla C.3: Propuesta de mantenimiento Nissan NP300 98
Tabla C.4: Propuesta de mantenimiento Mazda BT50 Gasolina 99
Tabla C.5: Propuesta de mantenimiento SANY 210C 99
Tabla C.6: Propuesta de mantenimiento Mazda B2600 100
Tabla C.7: Propuesta de mantenimiento New Holland B110B 100
Tabla C.8: Propuesta de mantenimiento International 4900 101
Tabla C.9: Propuesta de mantenimiento New Holland RG140B 101
Tabla C.10: Propuesta de mantenimiento Mazda BT50(Diésel) 102
Tabla C.11: Propuesta de mantenimiento International 4700 102
Tabla C.12: Propuesta de mantenimiento Hino GH AMA-0025 103
Tabla C.13: Propuesta de mantenimiento Hino GH AMA-0012 103
Tabla C.14: Propuesta de mantenimiento Hino GH AMA-0026 104
Tabla C.15: Propuesta de mantenimiento Nissan Xtrail 104

Capítulo **1**

Fundamento Teórico Y Estado Del Arte

En el siguiente capítulo, se realizará el estudio del estado del arte, a su vez se desarrollará un fundamento teórico basado en revisiones bibliográficas que ayudará al mejor entendimiento de ciertos conceptos necesarios para la elaboración del tema. Por otra parte, se tratará acerca del sistema de lubricación que incorpora un motor de combustión interna, sobre el estudio del análisis de aceite usado y sus principales técnicas de análisis. Además, se conocerá la situación actual que atraviesa el GAD municipal del cantón Girón, en cuanto a tareas de mantenimiento de su flota vehicular.

1.1 Estado del Arte

Existen varios trabajos de investigación acerca del análisis de aceite como una herramienta del mantenimiento predictivo y proactivo, puesto que comparten las mismas tecnologías.

En la Universidad Nacional Del Centro de Perú se desarrolló un estudio denominado "**PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA EXCAVADORA CATERPILLAR 390FL DE STRACON GYM – CAJAMARCA**". (GALARZA MENDOZA, 2017) A través de la aplicación de una metodología a partir de una estrategia proactiva, basada en las alarmas absolutas y estadísticas, analizan el aceite usado de la máquina y obtienen excelentes resultados, puesto que se logra mejorar la disponibilidad de la máquina de 89.66% a 92%, con un aumento del 2.34%, superando así al modelo

corporativo que trata de obtener como bajo el 90% de disponibilidad, a su vez prolongan la vida útil del aceite.

(LEON LECCA, 2017) en su trabajo de titulación, "**MANTENIMIENTO PROACTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS Y MONITOREO DE ACEITE LUBRICANTE APLICADO A LA FLOTA DE TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER".** Aplica una estrategia proactiva e identifica mediante la gráfica de Pareto cuales son los sistemas más vulnerables, dando como resultado que el motor tiene más incidencia de fallas con un 33.44%.

ó

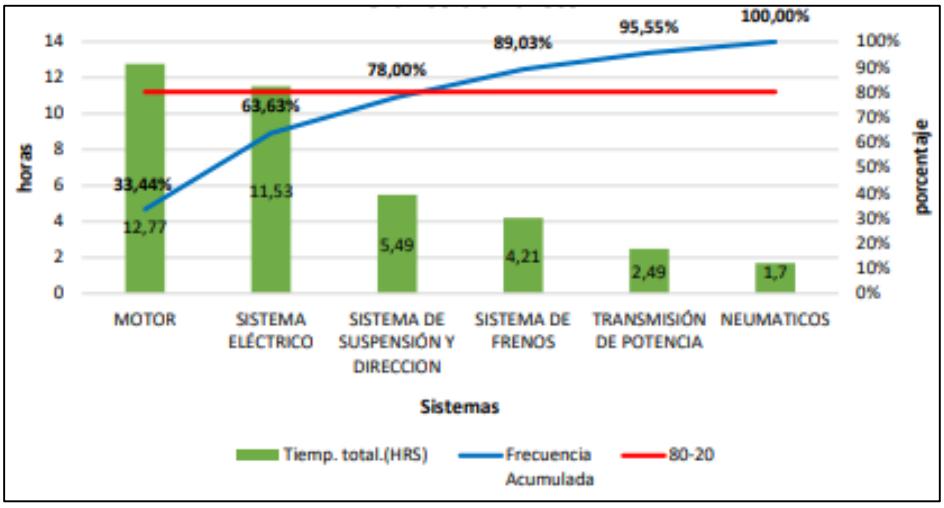


Figura 1.1: Grafica de Pareto.
Fuente (LEON LECCA, 2017)

Conocido este valor, se realiza el respectivo análisis de lubricante para la flota y se obtiene que el porcentaje de hollín al inicio del monitoreo supera los límites máximos permisibles, pero cuando se implementan las condiciones de mantenimiento existe una notable mejora de esta tendencia y regresa a estar dentro de los límites máximos permisibles del lubricante.

Adicionalmente se notó un incremento de las horas de mantenimiento programado y de los índices de disponibilidad del tracto camiones, alcanzando valores de 95.97% y 97.92% en el mes de diciembre del 2017.

El tema de titulación denominado **"PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO PESADO DE LA CONSTRUCTORA**

COANDES S.A. BASADO EN UN ANÁLISIS DEL ACEITE USADO EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DIESEL" (AREVALO AVALOS, 2015) Aporta con un modelo de criticidad de la maquinaria , mediante dicho estudio se logra jerarquizar e identificar los elementos más vulnerables dentro de la flota.

FRECUENCIA					
4	MC	MC	AC	AC	AC
3	MC	MC	MC	AC	AC
2	BC	BC	MC	AC	AC
1	BC	BC	BC	MC	AC
	10	20	30	40	50
	CONSECUENCIAS				

BAJA CRITICIDAD		(BC)
MEDIA CRITICIDAD		(MC)
ALTA CRITICIDAD		(AC)

Figura 1.2: Modelo de matriz de criticidad
Fuente: (AREVALO AVALOS, 2015)

Una vez que se segmenta de acuerdo a su criticidad se establecen los límites condenatorios que son evaluados a través de la técnica SACODE, enfocándose en tres aspectos fundamentales tales como; puntos de salud, contaminación y desgaste. El estudio determina que las mayores concentraciones nocivas fueron para el elemento contaminante silicio y el elemento de desgaste cromo.

1.2 Motor de Combustión Interna.

Según (MARTINEZ, 1999). Un motor de combustión interna es aquel que transforma la energía calorífica del combustible en energía mecánica. Son llamados de combustión interna, debido a que efectúan su trabajo al interior de una cámara cerrada, la presión generada por parte de los gases de combustión y la temperatura obtenida al interior, causan un movimiento que es aprovechado como fuente de energía.

Existen diferentes tipos de motores de combustión interna tales como:

- Motor de Explosión Ciclo Otto
- Motor Diésel
- Turbina de Gas
- Motor Rotatorio
- Ciclo Atkinson

Figura 1.3: Motor Diésel 3.0v6T Cayenne –Porsche
Fuente: (ubica) S. A., n.d.)

1.2.1 Ciclos de trabajo de un Motor de Combustión Interna

Admisión:

En esta fase inicial el pistón se traslada desde el punto muerto superior (PMS) hacia el punto muerto inferior (PMI), durante este trayecto las válvulas de admisión se abren instantáneamente, generándose así el llenado del cilindro y una depresión en el mismo. Al llegar el pistón hacia el PMI ;la válvula de admisión se cierra y permite el paso al siguiente ciclo, durante este desplazamiento el cigüeñal ha girado 180°. (DASANTES, 2011)

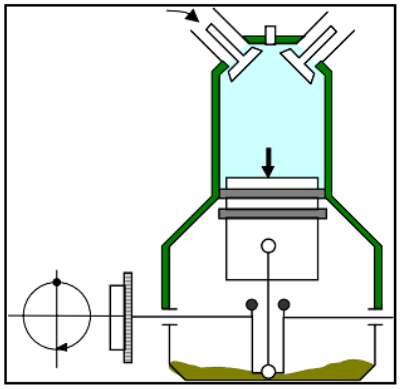


Figura 1.4: Fase de admisión
Fuente: (ubica) S. A.)

Compresión:

El pistón se desplaza desde el PMI al PMS, de esta manera comprime la mezcla encerrada en el interior del cilindro, durante este trayecto las válvulas de escape se encuentran cerradas. El pistón al llegar al PMS comprime la mezcla en la cámara de combustión, hasta este instante el cigüeñal ha girado 180° más, dando como resultado 360° desde el ciclo de admisión. En el ciclo diésel el aire se comprime alcanzando presiones de 30 a 55 bares y una temperatura que oscila entre los 700 y 900°C. (DASANTES, 2011)

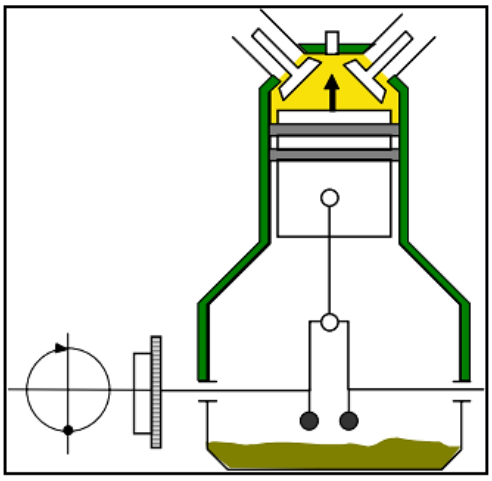


Figura 1.5: Fase de Compresión
Fuente: (ubica) S. A.)

Explosión:

Como el pistón llego al PMS al final de la compresión, en ese mismo instante las bujías generan un salto de chispa en el interior del cilindro. En el momento de la combustión la mezcla se libera gran cantidad de energía calorífica, lo que produce una alta temperatura dentro del cilindro. En el ciclo diésel no se produce un salto de chispa, aquí el combustible se vaporiza y se mezcla conjuntamente con el aire a alta temperatura. En este instante la mezcla se inflama hace que la presión de combustión impulse el pistón hacia abajo. (DASANTES, 2011)

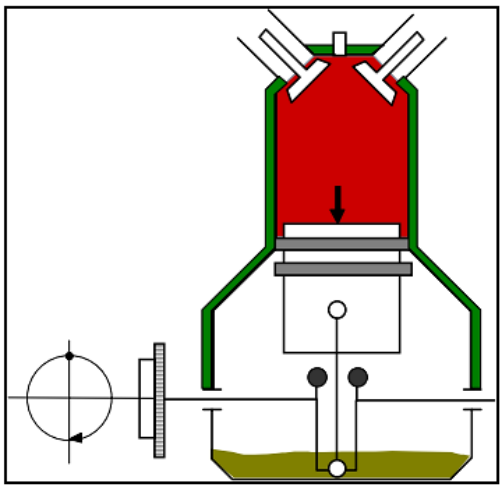


Figura 1.6: Fase de explosión
Fuente: (ubica) S. A.)

Escape:

El pistón tiene un desplazamiento desde el PMI hacia el PMS, a su vez las válvulas de escape se abren para permitir la salida de los gases producto de la combustión. Una vez que el pistón alcanza el PMS, la válvula de escape se cierra y simultáneamente la de admisión se abre para comenzar nuevamente otro ciclo de trabajo. (ALONSO PEREZ, 2013)

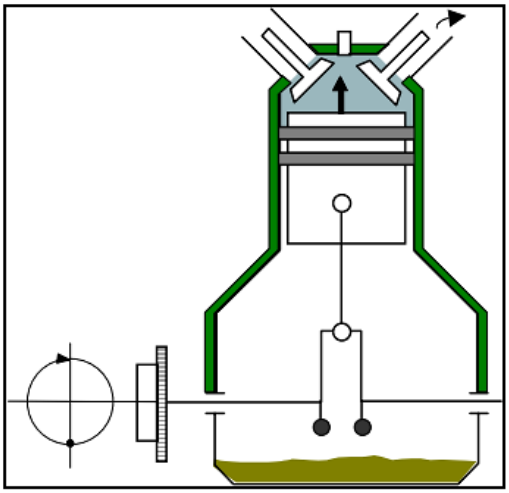


Figura 1.7: Fase de escape
Fuente: (ubica) S. A.)

1.3 Sistema de Lubricación en los Motores de Combustión Interna

La lubricación en los motores tiene como objetivo de reducir la fricción existente entre dos partes que se encuentran en contacto y que tienen un movimiento

absoluto, además consigue que se prolongue su vida útil, puesto que disminuyen el desgaste generado por la fricción; también va a ser capaz de disipar el calor, evitando así la corrosión y herrumbre. (DASANTES, 2011)

Para conseguir las funciones mencionadas con anterioridad, es necesario utilizar una sustancia que se interponga entre las dos superficies, dicha sustancia se denomina lubricante. Esta puede ser sólida, liquida o gaseosa.

1.3.1 Componentes Típicos

La mayoría de sistemas de lubricación cuentan en su estructura con los siguientes elementos:

Cárter o depósito

Este depósito debe tener una geometría óptima para evitar que el aceite este en contacto directo con los sellos de los extremos del cigüeñal. El Carter es el encargado de contener el aceite en la parte baja del motor, se une al mismo a través de una junta, lo que lo hace hermético. Además, cuenta con un tapón de drenado para realizar los recambios de aceite usado.

Bomba de aceite

Su función radica en impulsar el aceite a presión por todo el sistema de lubricación. Además, evita que exista un aumento excesivo de temperatura en motor debido al rozamiento entre las partes móviles.

Filtro

El objetivo principal de un filtro de aceite es impedir que las impurezas abrasivas que arrastra el aceite pasen a los componentes del motor.

Intercambiador de calor

Reduce la temperatura del aceite antes de que ingrese al circuito de lubricación del motor.

Manómetros de presión y temperatura de aceite

Proporcionan información en tiempo real acerca de la temperatura y presión presentes en el circuito.

Válvulas de retención

Su uso se da para evitar que se produzca una falta de alimentación de lubricante en la etapa de arranque en frio, puesto que cuando el motor está apagado por un periodo largo, se produce un vaciado en los elementos.

En la figura 1.8 se presenta un diagrama de los componentes principales de un circuito lubricación, las flechas de color rojo indican el camino que sigue el lubricante hacia el motor y la flecha verde el retorno.

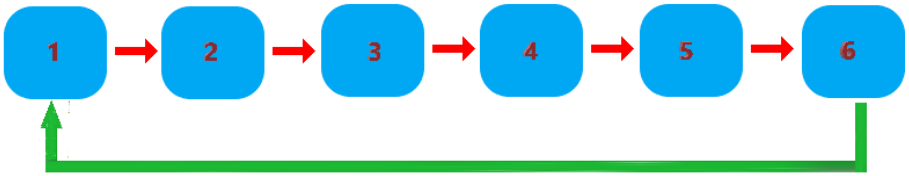


Figura 1.8: Diagrama del circuito de lubricación
Fuente: Los Autores

1. Cárter
2. Bomba de aceite
3. Válvula reguladora
4. Filtro de aceite
5. Intercambiador de calor
6. Partes móviles

1.3.2 Elementos Básicos que Requieren Lubricación

Existen varios componentes que conforman un motor de combustión interna, dichos componentes necesitan ser lubricados para evitar que se produzca un desgaste excesivo y un aumento de temperatura considerable.

Los elementos que conforman el MCIA y que requieren ser lubricados son los siguientes:

- Cojinetes, guías, levas, levantadores, etc.
- Cilindros.
- Engranajes.
- Cadenas, acoples y cables.

1.3.3 Funciones del Sistema de Lubricación

El sistema de lubricación del motor debe contribuir con lo siguiente:

Reducir la temperatura del motor. Se conoce que el motor es una maquina térmica que genera calor debido al rozamiento entre las partes metálicas, por este motivo la temperatura al interior se eleva. Para contrarrestar este efecto el aceite tiende a circular por los conductos hacia las diferentes partes que requieren lubricación, con la finalidad de absorber parte del calor generado. Este aceite es dirigido hacia el cárter para posteriormente ser reabsorbido por la bomba.

Reducción del desgaste de elementos producido por un rozamiento excesivo. El desgaste en los elementos del motor se produce debido a que las partes o superficies no son totalmente lisas, siempre existen rugosidades que se oponen al libre movimiento ocasionando un desgaste prematuro en los elementos. Para contrarrestar este efecto se usa una película lubricante interpuesta entre las dos partes. Este ayuda a la disminución de fricción, temperatura y desgaste.

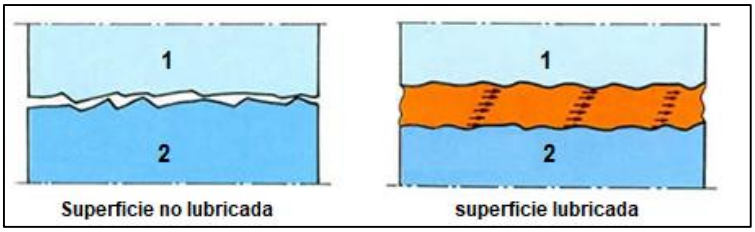


Figura 1.9: Lubricación en superficies móviles
Fuente: los Autores

Efectúa una limpieza de los órganos de lubricación. Los lubricantes cuentan en su composición con diversos aditivos que ayudan a mejorar el rendimiento del aceite, uno de ellos es el de detergencia, este contribuye a que no se produzcan lodos, barnices, y gomas dentro del motor**.**

Asegura la estanquidad del cilindro. Al estar en contacto con las paredes del cilindro y la falda del pistón, asegura la hermeticidad del trabajo al desplazarse el pistón.

1.4 Aceite Lubricante

En la actualidad existen diferentes lubricantes usados en el área automotriz, los cuales pueden ser de base mineral, semi-sintético y sintética. Tienen la función principal de evitar el rozamiento entre dos partes que se encuentran en

movimiento. En aplicaciones que implican condiciones muy exigentes, los lubricantes necesitan la adición de ciertos tipos de aditivos.

Los aceites derivados del petróleo poseen ciertas características, pero la más importante de todas es la viscosidad.

Viscosidad

Es la resistencia a fluir libremente, se tiene una alta viscosidad cuando los fluidos son espesos y no circulan con velocidad. Los fluidos más finos, como en el caso del agua, tienden a tener una viscosidad baja. Las condiciones ambientales afectan a la viscosidad de un aceite. (SENA m.)

La viscosidad conforma una de las características más importantes que tienen los lubricantes; si se utiliza un aceite muy viscoso las perdidas mecánicas serán mayores debido al aumento del rozamiento entre superficies. Al contrario, si se usa un lubricante de menor viscosidad para los requerimientos del trabajo, el desgaste será excesivo en los elementos debido a la perdida de la película lubricante.

Esta característica depende de varios factores siendo la presión y temperatura los más importantes, el cambio de la viscosidad en función de la temperatura se denomina índice de viscosidad y fue descrito por Dean y Davis en 1929. (DASANTES, 2011)

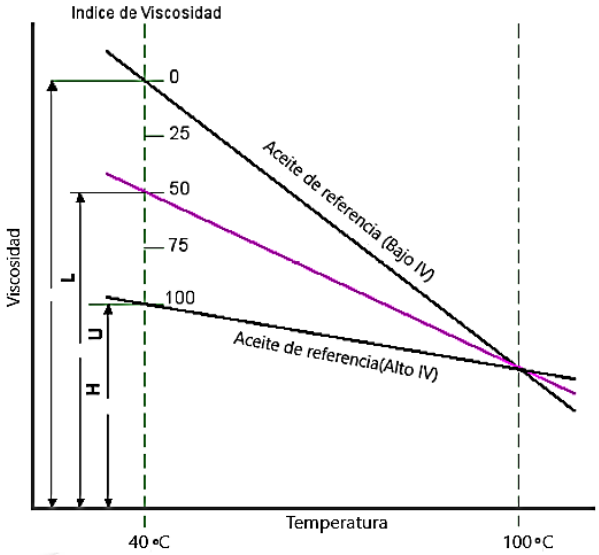


Figura 1.10: Esquema del índice de viscosidad
Fuente: Los Autores

La figura anterior trata de un sistema arbitrario que compara la viscosidad del fluido a 40°C y también a la misma temperatura los otros dos aceites de referencia (IV). La figura 1.10 indica que cuando el índice de viscosidad es mayor, la variación de la misma en función de la temperatura es menor.

Influencia de la Temperatura

Cuando se presenta un aumento de temperatura de cualquier sustancia, las moléculas que la conforman adquieren una mayor movilidad y su efecto de cohesión se reduce, de igual manera que se reduce la acción de las fuerzas intermoleculares. A continuación, se describen varias consecuencias que produce tener una elevada temperatura en el aceite:

- Perdida de aditivos
- Rotura de la película de aceite
- Aceleración de la corrosión
- Formación de resinas y gomas carbonosas
- Sistema propenso a que existan fugas
- Disminución de la vida de los sellos y filtros

Acidez / Basicidad

"El grado de acidez o Basicidad de un aceite lubricante se indica por medio del número de neutralización, que es igual a la parte necesaria de hidróxido de potasio (KOH), que resulta necesario para efectuar la neutralización el ácido o base de un gramo de la muestra". (DASANTES, 2011).

En un aceite usado se obtiene información a partir de que la basicidad disminuye y la acidez aumenta. El parámetro que se utiliza para controlar el índice de acidez es el denominado TAN (Total Acid Number), y el que controla la reserva básica de aceite se lo conoce como TBN (Total Base Number).

Este último mide la capacidad que poseen los lubricantes para contrarrestar los ácidos provenientes por el efecto de la combustión.

Constante Dieléctrica

La constante dieléctrica es una constante física adimensional que indica como un campo eléctrico afecta a un material. Esta es la encargada de conducir la corriente, comparada con el vacío. En un aceite usado, los aditivos y el aceite base son parámetros que afectaran al valor de la constante dieléctrica, así como también la degradación y la contaminación que este puede tener. (CORNEJO JARAMILLO, 2016)

Existen varias formas para calcular la constante dieléctrica, ya sea a través de medir la capacidad de un condensador al vacío o en el aire. Se dice que hay una mayor conductividad eléctrica cuando el valor de la constante dieléctrica es mayor.

Tabla 1.1: Constante dieléctrica de varias substancias
Fuente: (CORNEJO JARAMILLO, 2016)

Substancia	Constante Dieléctrica	Substancia	Constante Dieléctrica
Aire	1.0	Caucho	2.1-2.9
Aceite Mineral	2.7	Cera	1.8
Aceite de Ricino	4.6	Etanol	24.3
Alcohol	15-30	Metanol	33.62
Agua Destilada	80	Vacío	1.0
Calan	6.6	Cristal	7

En un aceite usado el valor de la constante dieléctrica depende del aceite base, de los aditivos y su valor se ve afectado por el uso del lubricante debido a la degradación o contaminación del mismo. La constante dieléctrica aumenta su valor debido a la contaminación del aceite con agua y metales de desgaste, puesto que forman compuestos como peróxidos, ácidos y polarizan las moléculas aumentando así su valor. (TORMOS, 2005)

Por el contrario, la constante dieléctrica disminuye su valor al existir contaminación del aceite con partículas de combustible.

La medición de la constante dieléctrica de un aceite se puede efectuar a través de sensores de capacitancia, basados en el principio que existen constantes dieléctricas diferentes para un aceite nuevo y usado. Existen varios equipos

analizadores que se usan para monitorizar este parámetro, entre los más usados podemos indicar los siguientes:

- An-oil-izer
- Lubri-sensor
- Predict Navigator II

Densidad

Es la relación que existe entre el peso de un volumen requerido de lubricante y un volumen igual de agua a 4℃, en los aceites automotrices dicha relación es mucho más pequeña que la unidad. Esto quiere decir que son menos pesados que el agua, por esta razón los aceites flotan sobre el agua. (SENA m.).

La densidad cumple un papel muy importante en los lubricantes, puesto que la gran mayoría de máquinas son fabricados para bombear un volumen a una densidad específica, por esta razón si la densidad varia, la eficiencia de la maquina también. El valor de la densidad para la mayor parte de aceites oscila entre 700 y 950 kilogramos por metro cúbico. (América, 2013)

Tabla 1.2: Valor de la densidad según la viscosidad
Fuente: (América, 2013)

API	Gravedad Especifica	Peso (kg/m^3)
8	1.014	1012
10	1.000	998
20	0.934	932
30	0.876	874
40	0.825	823
50	0.780	778

En la tabla 1.2, se puede apreciar como la densidad API se relaciona con la gravedad específica y el peso/volumen.

La densidad sufre alteraciones por partículas sólidas, agua, aire, etc. Generando así en la mayoría de casos oxidación, erosión, siendo las tuberías los elementos más vulnerables por este fenómeno.

Capacidad Detergente

Los lubricantes tienen una capacidad de detergencia, que ayuda a disminuir la creación de depósitos de sedimentos en las partes que poseen una gran temperatura en el motor. Además estos aditivos proporcionan elementos que contrarrestan el efecto de oxidación, corrosión y formación de lodos. (Tejedor, s.f.)

1.5 Análisis de Aceite

Este análisis es una técnica muy valiosa cuando se refiere a diagnosticar fallos en los MCI, puesto que ofrece información muy importante sobre el desgaste interno de un motor. Un proyecto de análisis de lubricante permite realizar un seguimiento del desempeño de las maquinas o equipos. Al realizar el análisis de aceite se busca optimizar la vida útil del aceite y por lo tanto la de los equipos, mejorando así los intervalos de cambio de aceite. Además, se identifican ciertos contaminantes que afectan directamente al aceite. Este programa le ayuda a tener un registro y cronograma exacto de mantenimiento de los equipos, de esta manera se busca reducir paradas innecesarias.

A continuación, se presenta la estructura que debe contener un programa de análisis de aceite:

1.5.1 Beneficios

- Permite alargar o acortar los periodos de cambio de aceite en la máquina dependiendo del estado del lubricante.
- Brinda información muy importante acerca del estado del motor
- Disminución de daños y paradas inesperadas

1.6 Principales Técnicas de Medición

Existen varias metodologías que se pueden utilizar al momento de diagnosticar el aceite usado. Estas se basan en técnicas tales como:

- Análisis de propiedades del lubricante
- Métodos térmicos
- Métodos ópticos

- Métodos electroquímicos
- Métodos cromatográficos

Las técnicas mencionadas brindan múltiples posibilidades de análisis, es trabajo del analista decidir cuál aquellas utilizar para el análisis.

1.6.1 Análisis de Viscosidad

Como se mencionó con anterioridad la viscosidad cumple con un papel muy importante, puesto que esta es su resistencia a fluir. Por lo tanto, es esencial que la viscosidad sea siempre producto de análisis, los estándares de prueba que miden la viscosidad son típicamente la viscosidad cinemática y dinámica. La temperatura es el factor más influyente a la hora del análisis. Este está directamente relacionado con la viscosidad, puesto que si la temperatura aumenta la viscosidad disminuye y viceversa. Por lo tanto, para realizar el análisis se tiene que normalizar la temperatura para poder efectuar la comparación con otros resultados, evitando así realizar cálculos de corrección.

La temperatura estándar para medir esta propiedad es de 40°C y 100°C, debido a que esta se aproxima a la temperatura de operación de los maquinas. En la actualidad existen varias técnicas para medir la viscosidad y los equipos más utilizados son los viscosímetros rotacionales y capilares. (ubica) S. A., Widman International SR, 2018)
La viscosidad del lubricante al alcanzar los 100°C, tendría que mantenerse dentro de los limites propuestos por la API de acuerdo al grado que se esté utilizando. Un aceite SAE 15W-40 debe mantenerse entre el rango de 12.5cSt y 16.3cSt. la pérdida o aumento de la viscosidad se reflejará en un mayor desgaste de los componentes que requieren de lubricación en el motor. (ubica) S. A., Widman International SR, 2018)

Cuando disminuye el valor de la viscosidad las causas más probables son:

- Dilución con aceite más liviano por error del operario de mantenimiento.
- Contaminación generada por combustible.

- Ruptura de polímeros que se usan para la fabricación del aceite debido al cizallamiento interno.
- Cizallamiento o rotura del aceite base debido a su baja calidad.

Cuando aumenta el valor de la viscosidad las causas más probables son:

- Oxidación generada en el aceite
- Contaminación por agua o glicol
- Contaminación por un alto índice de hollín
- Contaminación por partículas de tierra que ingresan por los ductos de admisión de aire.
- Mezcla con un aceite de un grado más viscoso
- Baja calidad del aceite

1.6.2 Resultados Analíticos

Al aplicar la técnica de análisis de aceite en los motores de automoción, las muestras que se analizan corresponden con el propio cambio de aceite de tal manera que se evalúa si el comportamiento del mismo es correcto en relación al periodo de cambio definido. Se ha analizado que el uso de aceites multigrado es muy importante, dando este tipo de aceite el porcentaje más alto y dentro de estos el grado SAE 15W-40 el más usado. Para evaluar las variaciones consideramos la definición del siguiente parámetro:

$$Z_{visc} = \left(\frac{Parametro\ medido}{Parametro\ base} * 100\right) - 100 \qquad \text{Ecuación [1.1]}$$

Donde Z_{visc} representa el porcentaje de variación , la viscosidad medida es la obtenemos al analizar la muestra a @100°C y la viscosidad original es el valor dado del aceite base. (Tormos, 2005)

1.6.3 Viscosímetro

Un viscosímetro es una herramienta que se usa para medir parámetros de los lubricantes, especialmente la viscosidad. Isaac Newton fue el encargado de establecer una fórmula que mida la viscosidad de los fluidos y en 1884 Hagen-Poiseville fue quien mejoro la técnica. (ubica) S. A., Técnicas reométricas)

En el siguiente cuadro se detallan los tipos de viscosímetros más comunes:

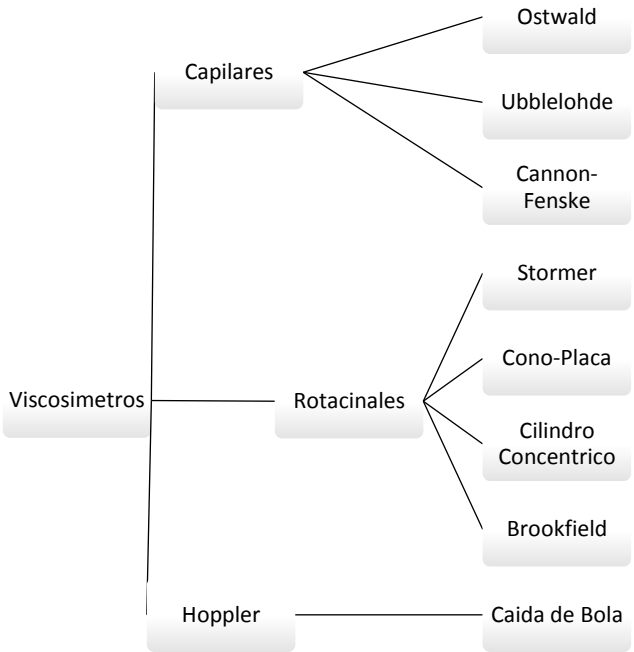


Figura 1.11: Tipos de Viscosímetros
Fuente: (ubica) S. A., Técnicas reométricas)

1.7 Análisis de Modos de Falla

La degradación del aceite se acelera por el ingreso de agentes contaminantes y por la mezcla de varios aceites, al estar contaminado y con una calidad de aceite muy baja, se produce un aumento del desgaste y posteriormente el fallo del equipo.

A continuación, se puede observar el proceso de fallo de un equipo:

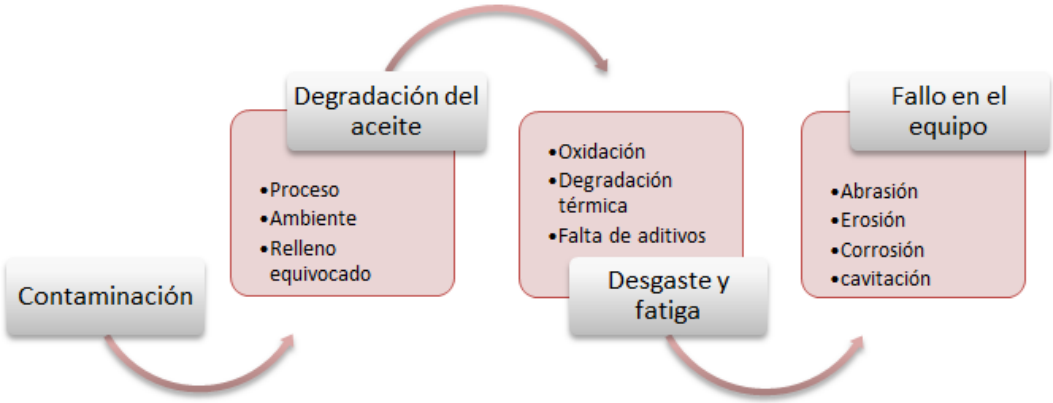


Figura 1.12: Ciclo de fallo de un equipo
Fuente: (Tekniker, 2002)

1.7.1 Modos de Falla Antes del Muestreo de Aceite

Sin duda alguna la técnica de análisis de aceite es una herramienta de suma importancia para asegurar la confiabilidad de los equipos que usan aceite para su lubricación. Al usarse adecuadamente, dicho análisis puede indicar alertas tempranas sobre fallas mecánicas inminentes en el equipo y genera una retroalimentación vital que garantiza que los niveles de contaminación se encuentren por debajo de los niveles peligrosos, ayudando a que las propiedades del aceite no se alteren.

La frecuencia de muestreo cumple una función importante a la hora de interpretar los modos de falla de un equipo, puesto que debemos encontrar un equilibrio entre muestrear con mucha frecuencia, gastando una cantidad de dinero al muestrear muy poco, y ya no ver fallas inminentes. Hay que encontrar un equilibrio para muestrear, el éxito está en entender los modos de falla probables de cada equipo, y más adelante generar un programa para manejar las fallas más comunes.

1.7.2 Beneficios de la Herramienta FMEA

La herramienta de modos de falla y efecto (FMEA de acuerdo a sus siglas en ingles), es un instrumento importante del RCM, siendo un proceso metódico usado para reconocer las fallas y efectos antes de que ocurra una avería. (Corporation, 2019)

Beneficios:

- Documentar y dar seguimiento a las acciones
- Identificar los pasos que generan y los que no generan valor
- Identificar la variación del proceso
- Mejorar calidad y confianza
- Reducción de tiempos y costos de reparación

1.7.3 Metodología

El FMEA, no es una metodología actual, pero lo es cuando se introduce en la optimización del mantenimiento.

A continuación, se indican las partes que lo componen y sus etapas:

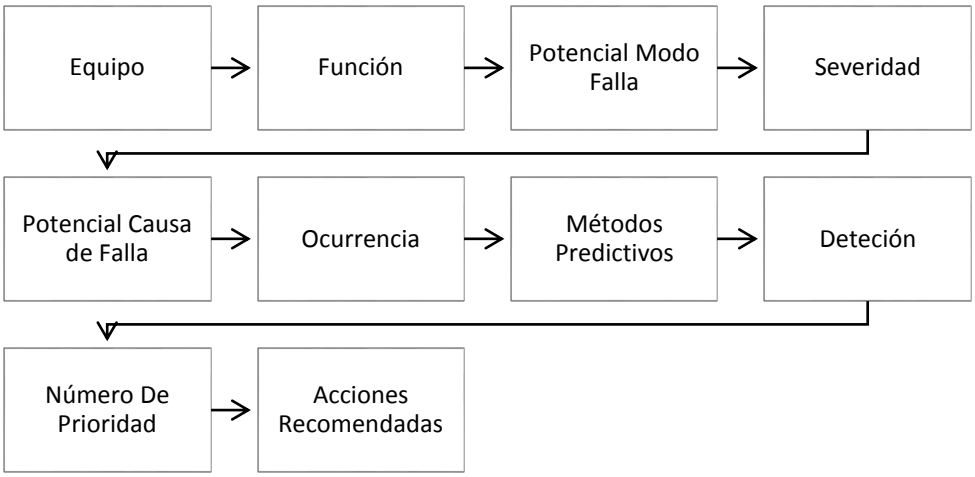


Figura 1.13: Etapas del proceso de FMEA
Fuente: (Corporation, 2019)

Para la gran mayoría de sistemas mecánicos que usan aceite para su lubricación, el ingeniero debe tener la capacidad de seleccionar el lubricante adecuado para cada equipo y definirlo en elementos críticos, puesto que una falla en la lubricación puede ocasionar efectos muy severos en el motor

1.8 Mantenimiento

Es un grupo de acciones y/o intervenciones que se realizan una máquina para asegurar una mayor confiabilidad de la misma, manteniéndola así en las mejores condiciones que garanticen una mayor confiabilidad y fiabilidad. (Ocupació, 2019)

No se debe restringir únicamente a realizar acciones de protección, caso contrario se debe generar una mejora continua en la parte productiva de la empresa, siempre estando a la vanguardia con lo que respecta a la tecnología.

Figura 1.14: Acción a tomar en un equipo
Fuente: (Ocupació, 2019)

1.8.1 Objetivos del Mantenimiento

El mantenimiento debe cumplir con los siguientes objetivos:

Prevenir paradas innecesarias en los equipos: la acción de anticiparse al fallo de los equipos favorece a que se reduzcan significativamente las paradas innecesarias

Minimizar la gravedad de los fallos: un buen plan de mantenimiento que se cumpla a cabalidad reducirá la aparición de anomalías y generara mayor confiabilidad y disponibilidad en los equipos.

Optimizar la vida útil de los bienes productivos: a través de planificaciones de revisiones periódicas para cada equipo de trabajo se consigue alcanzar el

rendimiento óptimo para el cual fueron diseñados y en la mayoría de casos se logra sobrepasar el tiempo de vida útil estimado.

Conservar los equipos en condiciones de seguridad y productividad: el mantenimiento a efectuar debe ser adecuado a las características que poseen los equipos.

Mejora continua del proceso productivo: No hay que limitarse solamente a conservar los bienes de la empresa, sino que debe someterse a un proceso de mejora que garantice la competitividad en el mercado.

Reducción de costes: la acción de tener un plan de mantenimiento muy bien elaborado se traduce en la reducción de costes directos en indirectos, ya sea por el hecho de paradas innecesarias, pérdidas de producción y costes de reparación.

1.8.2 Mantenimiento Proactivo

El Mantenimiento Proactivo, se centra básicamente en detectar y corregir las causas que provocan el desgaste y posterior fallo de un equipo. Cuando se han identificado las causas, se deben establecer tareas de mantenimiento que contrarresten este efecto que reduce el desempeño y la vida útil de la maquinaria (TRUJILLO C, 2002).

En conclusión, este tipo de mantenimiento se enfoca en localizar la causa raíz y mas no los efectos.

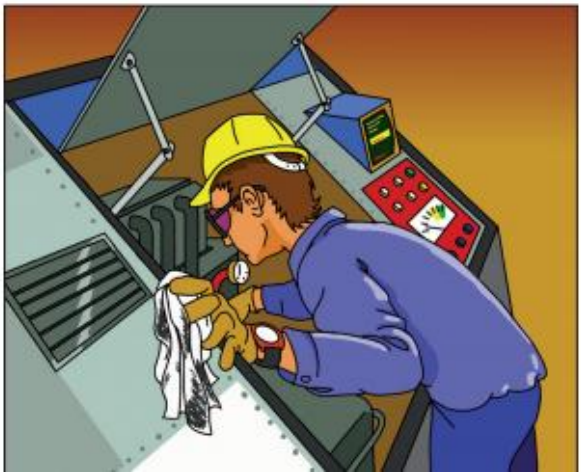


Figura 1.15: Técnico realizando labores de mantenimiento
Fuente: (Ocupació, 2019)

Fallas no Detectadas

Al generarse una falla imprevista se produce una degradación, pero no se logra apreciar una avería evidente, por este motivo el trabajador no se percata de la perdida de producción que esta genera y la forma más fácil de ayudar a encontrar esta falla es a través de una metodología proactiva.

Cuando se ignora la perdida de potencia o la degradación de los elementos del equipo, se produce una avería inminente. Al llegar a este punto es necesario detener el quipo y ejecutar acciones correctivas puesto que se tiene un índice de degradación muy alto. (SENA, 1991)

Ventajas y Desventajas

A continuación, se mencionan las principales ventajas de un programa proactivo:

- Reducción de tiempos de parada no programados
- Mayor confiablidad
- Incremento de la vida útil de la maquinaria
- Aumento de productividad

La principal desventaja que presenta este tipo de mantenimiento es que no se pueden arreglar las fallas que se encuentren en los quipos, puesto que se centra en encontrar el origen de la misma.

Pasos para aplicar la estrategia proactiva

A continuación, se presentan los pasos para implementar una táctica proactiva:

- Establecer metas en base al análisis.
- Controlar la causa origen y hacerla sostenible a lo largo del tiempo.
- Inspeccionar periódicamente los elementos o partes causantes de las fallas.

1.9 Situación Actual del Mantenimiento de la Flota de Vehículos y Equipos del GAD Municipal del Cantón Girón.

1.9.1 Determinación del Estado del Motor

En la actualidad, el departamento técnico del municipio encargado del mantenimiento de la maquinaria y vehículos, posee un mantenimiento basado en dos partes, la prevención y en la corrección. En la parte de mantenimiento preventivo, se efectúa el cambio periódico de lubricantes para prevenir fallos por falta, o degradación del mismo aceite, adicionalmente, el reemplazo y/o la limpieza de filtros también es indispensable para evitar que partículas de agentes externos, o internos como podrían ser partículas que se desprenden del mismo motor, puedan obstruir o actuar como elementos abrasivos, causando degaste prematuro sobre los elementos constitutivos del motor.

Este mantenimiento, se efectúa aproximadamente a los 2500 kilómetros para los vehículos livianos y cada 200 horas para la maquinaria. Hay que tener en cuenta que estas cifras pueden variar, puesto que va a depender directamente del estado del motor de la unidad, partiendo de que algunos vehículos o equipo caminero ya tienen su desgaste debido a su alto recorrido o su tiempo de trabajo elevado por lo que esto puede producir un consumo anormal de los fluidos requeridos por el motor.

Por otra parte, en el mantenimiento correctivo, se realiza el reemplazo de componentes que se encuentran en mal estado que podrían ocasionar una disminución en el rendimiento del vehículo o maquinaria, o en el peor de los casos, si el daño es mayor se podría producir una parada fortuita del equipo y a su vez, se puede causar sobresfuerzos y ocasionar daños irreversibles sobre el vehículo.

El estado del motor dependerá de la cantidad de horas o recorrido, puesto a que, si posee una elevada cantidad de horas o kilómetros de trabajo, internamente, el motor también tendrá un desgaste considerable y esto puede permitir que agentes externos tales como hidrocarburos, agua, partículas metálicas provenientes del

desgaste interno del motor, ingresen al interior del mismo y se mezcle con el aceite. Hay que tener en consideración el nivel de aceite existente en el motor, puesto que, si existen fugas, la cantidad de lubricante será baja y por ende existirá un excesivo desgaste, además de implicar la vida útil de ciertos elementos del sistema de lubricación.

Por otra parte, se puede revisar el historial de mantenimiento, así como también del testimonio del operador sobre el rendimiento del equipo, de esta manera podemos estimar el estado actual del mismo.

1.9.2 Personal Encargado del Mantenimiento

Dentro del GAD Municipal del Cantón, existe un departamento encargado de llevar el mantenimiento de los vehículos y maquinaria el cual es dirigido por un ingeniero mecánico, a quien le corresponde llevar el seguimiento sobre el estado de los elementos que conforman la flota vehicular. A su vez, es el quien decide y destina las ordenes de mantenimiento, repuestos y combustible para cada vehículo o maquina a realizarse y el lugar en donde debe desarrollarse la respectiva tarea. Adicionalmente, no existe un técnico especializado en realizar labores de mecánica preventiva o correctiva directamente sobre los equipos, de allí que se requiere recurrir al servicio de personal externo a la entidad de la Municipalidad.

1.9.3 Lugar Destinado para el Mantenimiento de Equipos

El departamento técnico, al momento no dispone de un lugar o patio taller específico en donde se realiza el mantenimiento necesario que requieren los vehículos, por lo que se realiza en algunos talleres locales en la mayoría de los casos cuando se trata de vehículos livianos, buses y volquetas: en algunas ocasiones también se moviliza al equipo caminero a un taller mecánico siempre y cuando la maquinaria se encuentre cerca de uno.

Para el equipo caminero las labores de mantenimiento se dificultan en su mayoría, esto, debido a que por lo general se encuentran trabajando en zonas rurales ya sean lejanas o de difícil acceso. En estos casos los mantenimientos que se realizan constan principalmente de cambio de aceite, filtros y el engrasado de elementos mecánicos que se encuentren a la vista del operador del equipo, ya que es el quien realiza las labores de mantenimiento del equipo que tiene bajo su asignación.

1.9.4 Almacén de Repuestos

Dentro del municipio del Cantón Girón, existe un departamento destinado al almacenamiento de filtros, aceites, herramientas e insumos para efectuar las tareas de mantenimiento de la flota de vehículos y maquinaria; pero, cuando un vehículo o equipo requiera un repuesto especifico, éste se lo obtiene mediante gestión con proveedores externos, lo cual significa una parada prolongada ya sea del equipo caminero o del vehículo en cuestión debido a la falta de repuestos para reposición inmediata.

1.10 Vehículos y Maquinaria dentro del GAD Municipal

El Municipio del Cantón Girón dispone de una flota de vehículos en la cual se comprenden vehículos livianos y transporte mixto, volquetas y buses, finalmente maquinaria o equipo caminero. En la siguiente lista, se especifica cada uno de los vehículos que constan actualmente dentro de la nómina oficial del GAD en mención.

Tabla 1.3: Lista de vehículos y maquinaria del GAD Municipal
Fuente: GAD Municipal Cantón Girón

MARCA/MODELO	AÑO	TIPO
NISSAN NP300	2007	DOBLE CABINA
TOYOTA/HILUX	2006	DOBLE CABINA
MAZDA/B2600	2007	DOBLE CABINA
MAZDA/BT50	2012	DOBLE CABINA
SUZUKI/GRAND VITARA SZ	2010	JEEP
MAZDA/BT50	2010	PICK-UP
NISSAN/XTRAIL	2008	JEEP
TROOPER/WAGON V6	1998	JEEP
INTERNATIONAL/4700	1995	VOLQUETA
HINO/GHIJ	2006	VOLQUETA
HINO/GHIJ	2006	VOLQUETA
HINO/GHIJ	2006	VOLQUETA
INTERNATIONAL/4900	1993	BUS
NEW HOLLAND/RG140B	2006	MOTONIVELADORA
JCB VIBROMAX/VM106D	2006	RODILLO
SANY/SY210C	2007	EXCAVADORA
NEW HOLLAND/B110B	2009	RETROEXCAVADORA

A continuación, se muestra la tabla 1.4. Esta indica las principales características de la excavadora SANY 210C, para los vehículos restantes de la flota se adjuntará en el anexo **A**

Tabla 1.4: Ficha técnica SANY SY210C
Fuente: Los Autores

MARCA		SANY	
MODELO		SY210C	
AÑO		2007	
MOTOR			
	Marca	Cummins	
	Modelo	BT5,9-140C	
	Cilindros	6	
	Par máximo	571Nm	
	Potencia	140hp	
COMBUSTIBLE		Diésel	
ACEITE MOTOR			
	Marca	Gulf	
	Grado	15w40	
	Ultimo cambio	7096h	
	Muestreo 1	7148h	
	Muestreo 2	7206h	
	Muestreo 3	7259h	
	Muestreo 4	7314h	

1.11 Lubricantes Utilizados en el Motor

Actualmente, para los mantenimientos en los cuales se realiza el cambio del aceite lubricante perteneciente al motor se utiliza los siguientes tipos de lubricantes:

- SAE 15w40 para motores diésel
- SAE 20w50 para motores a gasolina

El aceite SAE 15w40 se utiliza en todos los motores que requieren diésel como combustible, comprendiendo volquetas, equipo caminero y buses; mientras que el aceite SAE 20w50 es usado para motores cuyo carburante es la gasolina, esto incluye a todos los vehículos livianos tanto de transporte de pasajeros como también mixto.

Los aceites utilizados son de procedencia nacional (envasadas dentro del país), principalmente provenientes en las marcas PDV y GULF.

1.11.1 Aceite para motor Gulf Supreme Duty XLE SAE 15w40

Es un aceite lubricante para motores diésel, fabricado para usarse en motores de alto poder y desarrollo que tienen que cumplir con la norma US 2007 y, protege el deterioro prematuro de sistemas de tratamiento de escape. Adicionalmente, proveen una mejor protección a motores antiguos alargando su vida útil debido a su fórmula con bases lubricantes hidro procesadas y aditivos que mejoran potencialmente la calidad del lubricante, con ello satisface la especificación API CJ-4 / SM, cuya aprobación está dada por algunos de los fabricantes de motores más famosos a nivel mundial, tales como: Cummins, Volvo y Mack.

Tabla 1.5: Características del aceite Gulf 15w40
Fuente: (GULF)

Cumple las siguientes especificaciones		**15W-40**
API CJ-4, CI-4 PLUS, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, SM, SL, SJ, ACEA E7/E9		X
CAT ECF 3, ECF 2 and ECF1a, MTU Oil Category 2.1		X
Tiene las siguientes aprobaciones		
API CJ-4/SM, Volvo VDS-4, Renault VI RLD-3, Cummins CES 20081		X
Mack EO-O Premium Plus, DDC PGOS 93K218		X
MB-Approval 228.31, MAN M 3575		X
Propiedades Típicas		
Parámetros de Prueba	**Método ASTM**	**Valores Típicos**
Viscosidad @ 100 ºC, cSt	D 445	15.2
Índice de Viscosidad	D 2270	138
Punto de Encendido, ºC	D 92	230
Punto de Escurrimiento, ºC	D 97	-30
TBN, mg KOH/g	D 2896	9.6
Densidad @ 15 ºC, Kg/l	D 1298	0.861
Cenizas Sulfatadas, %wt	D 874	0.97
Fósforo, %wt	D 4927	0.113

1.11.2 Aceite para motor PDV Supra Premium Api Sn SAE 20w50

Es un lubricante elaborado para vehículos con motor a gasolina para transporte de pasajeros, camionetas, vehículos utilitarios y camiones ligeros. Este lubricante también es recomendado para ser usado en vehículos que han sido convertidos para utilizar gas como fuente de energía; siempre y cuando sea correctamente elegido el grado de viscosidad que requiere el fabricante

Tabla 1.6: Características del aceite PDV 20w50
Fuente: (PDV)

Base Lubricante			**GP II**
Grado de Viscosidad			**SAE 20W50**
Propiedades Fisico-Quimicas	**Método ASTM**	**Unidades**	
Viscosidad @ 40° C	D 445	cSt	163
Viscosidad @ 100° C	D 445	cSt	18.1
Índice de Viscosidad	D 2270		123
Punto de Fluidez	D 97	°C	-33
Punto de Inflamación	D 92	°C	245
Densidad @ 15.6° C	D 1298	Kg/lt	0.8825
Viscosidad Aparente CCS	D 2593	cP (°C)	6120
Viscosidad, Temperatura			-15
Bombeo a bajas Temperaturas Viscosidad, Temperatura	MIL-PRF-2104	cP (°C)	
Número básico	D 2896	mg KOH/g	8
Categoría de Servicio API			SN

Capítulo **2**

Protocolo De Muestreo Para La Recolección De Aceite Usado

En el presente capítulo, se establecerá una secuencia de pasos para realizar una correcta toma de muestras, evitando así la contaminación por agentes externos tales como: partículas metálicas, polvo, agua, entre otros, de esta forma se garantiza que el análisis realizado sea idóneo. Adicionalmente se dará a conocer los materiales e insumos a ocupar y como se deben almacenar las muestras obtenidas.

2.1 Plan de Muestreo

Una muestra de lubricante debe extraerse cuando la maquina se encuentra en funcionamiento normal, puesto que las partículas de desgaste se mantienen en suspensión a una temperatura elevada. La extracción de muestras se realiza con la ayuda de una bomba diseñada para succión de aceite y una sonda desechable para cada muestra, esto es debido a que la mayoría de motores pertenecientes a la maquinaria y/o vehículos no se encuentran equipados con válvulas o puertos de muestreo para realizar una toma directa.

Figura 2.1: Bomba manual de succión de aceite
Fuente: (Autor, s.f.)

En este proceso se busca tratar de reducir el riesgo de contaminación de las muestras, para evitarlo es, fundamental utilizar para cada muestra una nueva sonda, con el fin de que los residuos de la muestra anterior no se incorporen en la nueva lo que daría como resultado un resultado erróneo e inválido.

2.1.1 Aislamiento del Ambiente

Los análisis de aceite pueden repentinamente diferir en sus resultados, debido a la contaminación por agentes externos que pueden introducirse durante el proceso de recolección de muestras, no solo la contaminación es un problema que afecta al análisis, la humedad en el ambiente un factor importante que hay que tener muy presente al momento de muestrear.

Para asegurar un buen aislamiento del ambiente, con unos buenos estándares de limpieza, es necesario hacer uso de la bolsa plástica hermética del tipo "Zip-lock", de esta forma la muestra se extrae sin abrir la bolsa, evitando así que la muestra no se contamine al momento de exponerla a la atmosfera.

Figura 2.2: Método asilamiento del ambiente
Fuente: (ubica) S. A., Widman International SR, 2018)

2.1.2 Determinación del Punto de Muestreo

Es importante determinar la zona o punto correcto de donde se debe obtener la muestra, debido a que, si tomamos las muestras en diferentes puntos, es probable que el diagnóstico del lubricante no sea idóneo. Según (Noria Corporation, 2019)"Los puntos de muestreo deben ser en lo posible zonas vivas o de flujo turbulento, además no se debe muestrear después de los filtros, ya que estos van

a retener las impurezas y las partículas de desgaste". El punto de extracción del aceite está asociado con el tipo de lubricación que maneja el equipo del cual se va a tomar la muestra, por lo general los sistemas más comunes de lubricación son: salpicadura, circulación y por presión de lubricante.

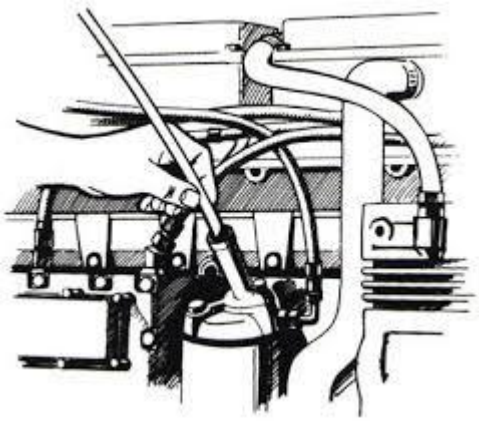


Figura 2.3: Ubicación del punto de muestro
Fuente: (Ltda)

En base a lo mencionado con anterioridad podemos determinar cuál es el mejor punto de muestreo, siendo en este caso para los motores diésel y gasolina, la zona donde se encuentra la varilla del nivel del aceite, por este agujero ingresará la sonda que extraerá el aceite en un envase, mediante una bomba de vacío. Este es un método muy común pues la varilla está ubicada una zona estratégica, el lubricante posee un flujo turbulento al momento de trabajar y las partículas se encuentran en suspensión. Existen ciertos equipos que ya traen consigo un puerto de muestreo que se ubica en la parte inferior del cárter o en las líneas de galería de aceite y se lo hace referencia a una llave de paso.

Figura 2.4: Puerto de muestreo
Fuente: (Ltda)

2.1.3 Frecuencia de Muestreo

Esta frecuencia va a variar de acuerdo al tipo de aplicación que tenga la maquina o equipo, por ejemplo, en la siguiente tabla podemos observar la frecuencia de muestreo recomendada para la industria automotriz:

Tabla 2.1: Frecuencia de muestreo recomendada para la industria automotriz
Fuente: (LEON LECCA, 2017)

FRECUENCIA DE MUESTREO RECOMENDADA		
	Horas	**Kilómetros**
Motor Diésel	150 - 500	16000 - 18000
Motor Gasolina	50 - 150	2500 - 4500
Transmisión	500 - 1500	
Engranajes/Diferenciales/Mandos Finales	5000 - 1500	80450 - 402250

Existen ciertas consideraciones a tener en cuenta para determinar la frecuencia de muestreo:

Condiciones del ambiente

- Contaminación química
- Vibración / ciclo de trabajo
- Edad y tipo de equipo
- Marca y modelo
- Horas de última inspección
- Expectativa de vida

Según el logro de los objetivos

- Por encima de los límites
- Dentro de los límites

Longevidad del lubricante

- Horas o km de recorrido a partir del último cambio
- Oxidación /contaminación
- Mineral/sintético

En base a lo expuesto con anterioridad y, a la realidad que atraviesa el GAD Municipal, en cuanto a tareas de mantenimiento y al estado mecánico de la flota, se ha tomado la determinación de realizar la toma de muestras cada 50 horas de trabajo para la maquinaria y 500 kilómetros para los vehículos livianos, a partir del cambio de aceite.

2.1.4 Almacenamiento de las Muestras

El almacenamiento de las muestras es de suma importancia para impedir que agentes externos como la oxidación afecten y causen daños tales como los cambios químicos por variación brusca de temperatura, cambios al exponer las muestras a la luz solar, o cambios biológicos al permitir el crecimiento de bacterias en la muestra, por esta razón se debe considerar lo siguiente:

- Mantener las muestras en un lugar oscuro a una temperatura de entre 18 °C y 21 °C
- Las muestras de aceite no caducan.

2.1.5 Recipiente a Usar para la Recolección de Muestras

Se debe utilizar un recipiente plástico hecho de polietileno de alta densidad, de cierre hermético, color blanco o transparente, resistente a golpes, temperatura y humedad.

Como regla general no se debe llenar más de 2/3 del recipiente, hay que usar un nuevo recipiente para extraer cada muestra, el recipiente debe estar completamente limpio para garantizar que la contaminación externa no afecte a los resultados.

Figura 2.5: Recipiente de polietileno de alta densidad
Fuente: (laposadadelpez, 2019)

Los recipientes se clasifican de acuerdo con el estándar **ISO 3732**, que se muestra a continuación:

- **Limpio:** Inferior a 100 partículas y superiores a 10µm/ml de fluido.
- **Súper limpio:** Inferior a 10 partículas y superiores a 10µm/ml de fluido.
- **Ultra limpio:** Inferior a 1 partícula superiores a 10µm/ml de fluido.

Tabla 2.2: Simbología del nivel de limpieza de los recipientes
Fuente: (Noria, lublearn, 2013)

NIVEL DE LIMPIEZA DEL RECIPIENTE	FORMA
Limpio	■
Súper Limpio	●
Ultra Limpio	▲

2.1.6 Identificación de la Muestra de Aceite

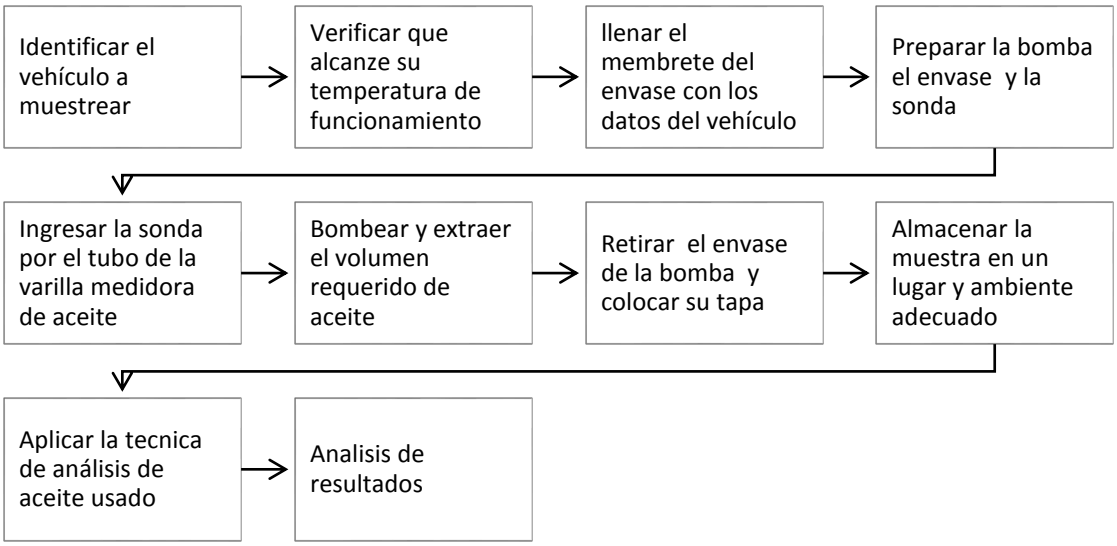
Las muestras de aceite deben tener una etiqueta de identificación, la cual proporcione cierta información de la máquina y del tipo de aceite utilizado. A continuación, se muestra la información que debe contener el membrete del recipiente de recolección de muestras.

Tabla 2.3: Membrete de identificación
Fuente: Los Autores

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
Fecha de Muestreo
Marca del vehículo
Modelo del vehículo
Horas de Trabajo / Km
Tipo de Combustible
Marca del Lubricante
Grado del lubricante
Volumen (ml)
Observaciones

2.1.7 Estandarización del Muestreo

A continuación, determinamos el proceso a seguir para obtener una muestra de aceite:



Capítulo **3**

Análisis De Resultados

El presente capitulo recoge el análisis de aceite que se aplicó en la monitorización del aceite de la flota vehicular del GAD Municipal; para ello se utilizó un analizador de aceite, el mismo que utiliza un sensor que proporciona cuatro parámetros: temperatura, constante dieléctrica, viscosidad y densidad.

El valor de temperatura de análisis se encuentra normado y esta comprendido entre los 40°C y 100°C. Una vez obtenidos los datos del análisis del aceite base, se establece los límites de máximos permisibles para posteriormente comparar con los del aceite usado.

3.1 Aplicación de la Técnica de Análisis de Aceite

3.1.1 Determinación de los Límites de Variación

Comúnmente en los programas de análisis de aceite se conoce a los límites como alarmas, ya sea de tipo proactiva o predictiva. Estos fueron creados como una herramienta que ayude a la interpretación de información de los resultados, si bien existen varios factores que superan un valor establecido, otros aguardan que varíen con el paso del tiempo, sin embargo, la tasa de cambio de este teniendo mucha importancia en el análisis.

El objetivo de las alarmas es filtrar la información necesaria para que el encargado tome decisiones y corrija de ser necesario aquellos casos excepcionales, evitando así que se examine minuciosamente toda la (Noria Corporation, 2019).

Existen varios parámetros de información que solamente poseen límites superiores como lo son los índices de desgaste, otros parámetros en cambio tienen límites inferiores máximos, como: basicidad, y punto de inflamación. Además, otros que poseen los dos límites, como la viscosidad.

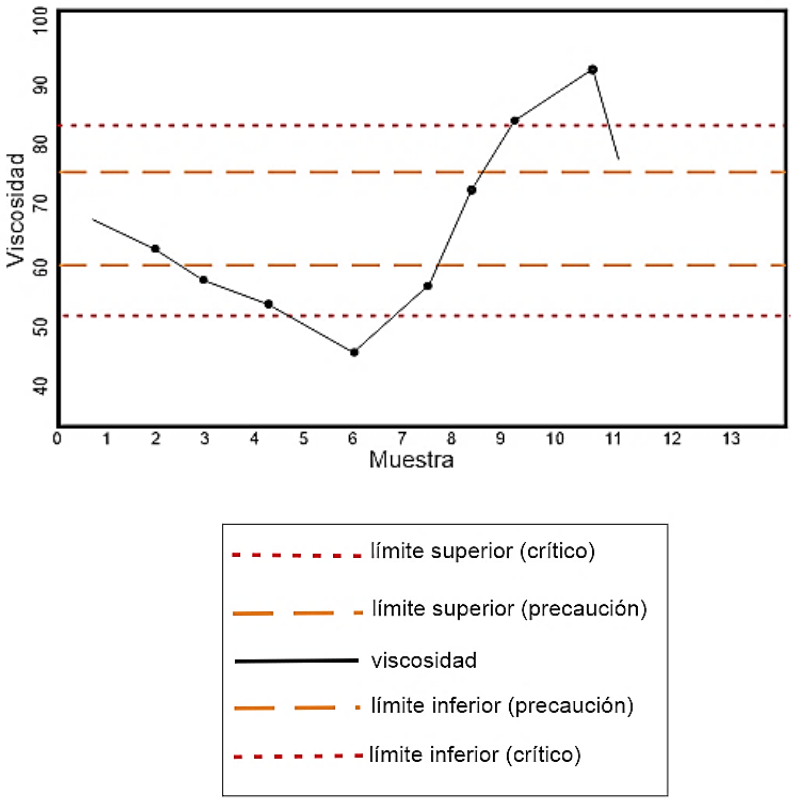


Figura 3.1 Límites dados para la viscosidad
Fuente: Los Autores

La figura 3.1 ilustra un ejemplo de los límites de variación a los que puede alcanzar la viscosidad de una muestra de aceite. Según Noria, establece que el límite de variación máximo de la viscosidad de un aceite @100°C, es de + 15% en ascenso y -8% en descenso, con respecto a la línea base. (Corporation, 2019)

Los aceites lubricantes tienen constantes dieléctricas que oscilan entre 2.1 y 2.4. Esto depende de la viscosidad, densidad y los aditivos que lo compongan. Por otra parte, la variación máxima que posee la constante dieléctrica es de +/-0.1 con respecto a la línea base. La densidad en cambio no posee un valor en específico, viene dada por el valor del paquete de aditivo que lo compone.

En la tabla 3.1, se presentan los valores límites máximos permisibles para cada parámetro con respecto a los valores obtenidos del análisis del aceite base.

Tabla 3.1 Límites establecidos para el análisis
Fuente: (Noria, Interpretación sistemática del análisis de aceite – Técnica SACODE, 2013)

Parámetro	Aceite base @100°C Gulf 15w40	Aceite base @100°C PDV 20w50	Variación máxima @100°C
Viscosidad	14.5 (cSt)	18.5(cSt)	Precaución: +8%; -4% Límite: +15% ; -8%
Constante Dieléctrica	2.29	2.26	±0.1 es decir: ±4.37% 15w40 ±4.42% 20w50
Densidad	0.802 (g/ml)	0.816(g/ml)	------

3.1.2 Aceite Base

El primer paso a realizar es efectuar el análisis del aceite base para conseguir los valores de los parámetros que brinda el viscosímetro cinemático.

Este análisis se realizó por cinco ocasiones para poder obtener una mayor cantidad de datos que ayuden al desarrollo de la curva. Posteriormente obtenidos dichos valores se graficaron, para poder apreciar su comportamiento.

A continuación, se presentan las gráficas de los parámetros obtenidos del aceite base Gulf 15w40 y PDV 20w50, para ser utilizadas como referencia en los posteriores análisis:

3.1.3 Aceite Gulf 15w40

Viscosidad

La figura 3.2, indica la curva de la viscosidad en función de la temperatura. Esta tiene un comportamiento descendente a medida que se genera un aumento en el valor de la temperatura, hasta alcanzar un valor máximo de variación cuando llega a los @100°C, obteniendo un valor de 14.5 cSt.

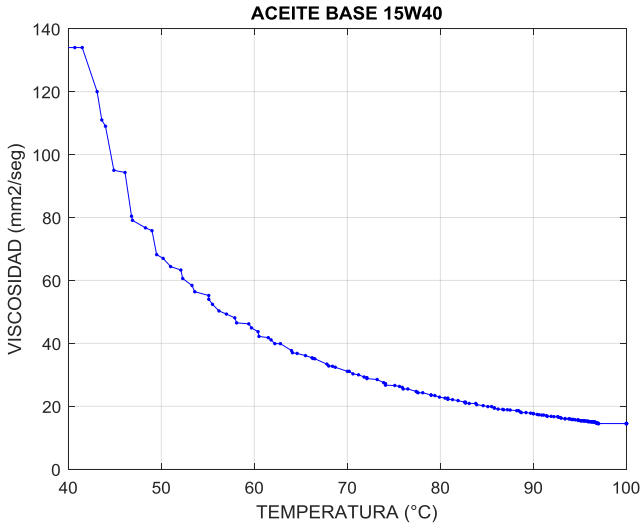


Figura 3.2: Comportamiento de la viscosidad del aceite base 15w40
Fuente: Los Autores

Constante Dieléctrica

Como se sabe la constante dieléctrica es la capacidad de un elemento para conducir corriente eléctrica, en un aceite usado su valor depende el aceite base y de los aditivos.

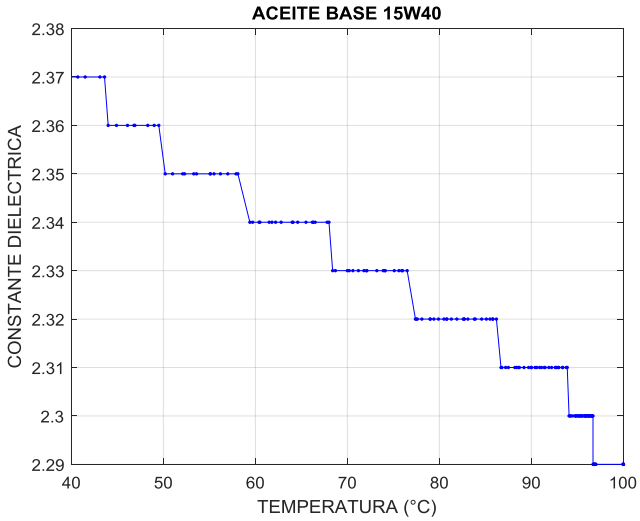


Figura 3.3: Comportamiento de la constante dieléctrica del aceite base 15w40
Fuente: Los Autores

En la figura 3.3 se aprecia el comportamiento que tiene la constante dieléctrica a medida que la temperatura alcanza un valor de 100°C. Este comportamiento genera una curva de forma descendente hasta alcanzar su valor de variación máxima a los @100°C, obteniendo un valor de 2.29

Densidad

En la figura 3.4, se aprecia la gráfica de la curva de densidad de un aceite base, cuyo comportamiento varía de acuerdo a la temperatura que alcance el aceite

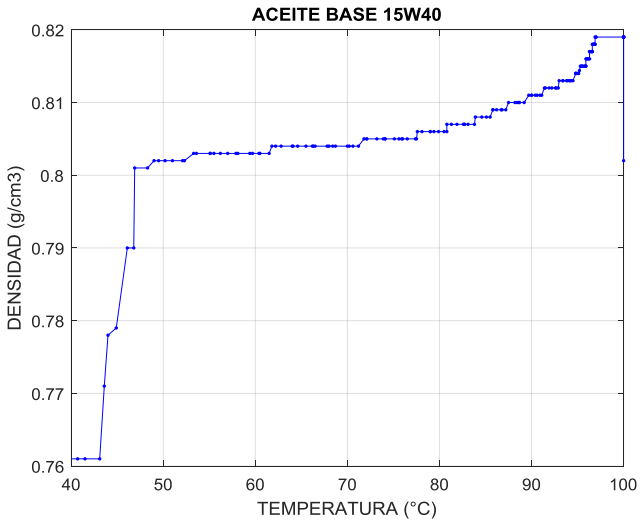


Figura 3.4: Comportamiento de la densidad del aceite base 15w40
Fuente: Los Autores

3.1.4 Aceite PDV 20w50

Viscosidad

En la figura 3.5, muestra la curva de la viscosidad en relación con la temperatura. Esta tiene un comportamiento descendente a medida que aumenta el valor de la temperatura, hasta alcanzar un valor máximo de variación cuando llega a los @100°C, obteniendo un valor de 18.5 cSt.

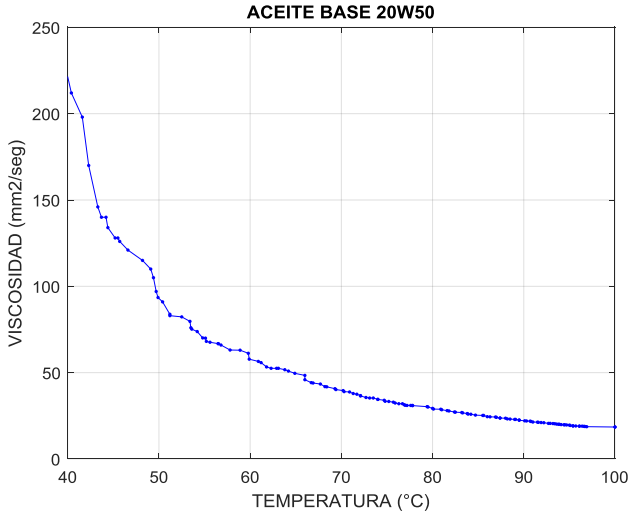


Figura 3.5 Comportamiento de la viscosidad aceite PDV 20W50
Fuente: los Autores

Constante Dieléctrica

En la figura 3.6 se observa el comportamiento que tiene la constante dieléctrica, cuando aumenta la temperatura, dicho comportamiento genera una curva de forma descendente hasta alcanzar su valor de variación máxima a los @100°C, obteniendo un valor de 2.26

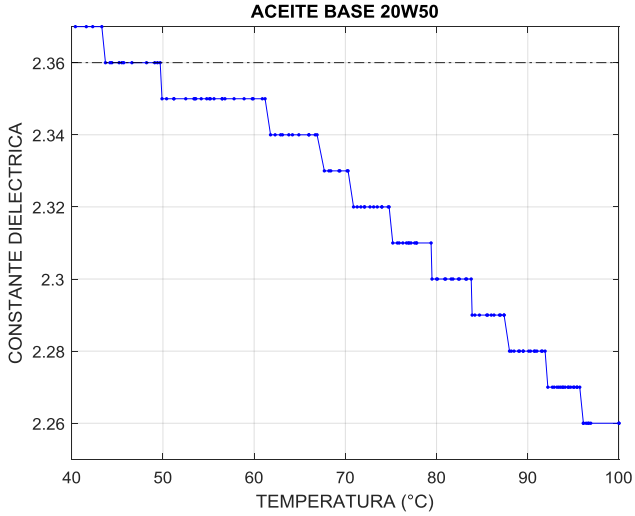


Figura 3.6 Comportamiento de la constante dieléctrica aceite PDV 20W50
Fuente: Los Autores

Densidad

En la figura 3.7 se aprecia la gráfica de la curva de densidad de un aceite base, cuyo comportamiento varía de acuerdo a la temperatura que alcance el aceite.

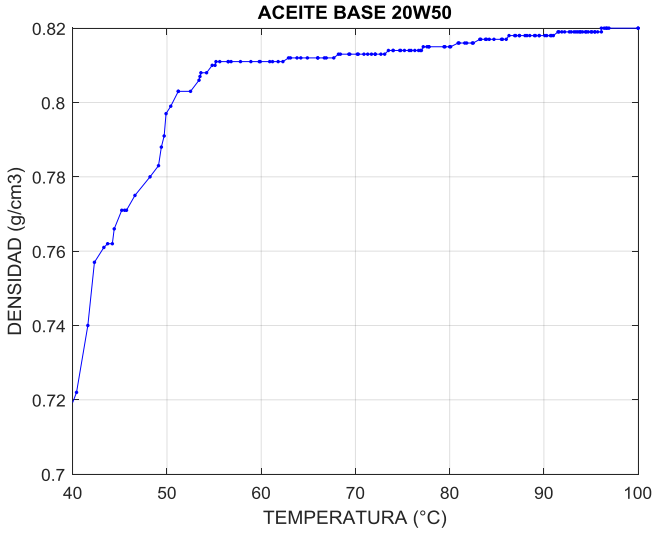


Figura 3.7: Comportamiento de la viscosidad aceite PDV 20W50
Fuente: los Autores

3.1.5 Análisis Rápido del Lubricante

Los valores obtenidos de las muestras son comparados con los del aceite base de forma gráfica, de tal forma que se definen los porcentajes de variación de la viscosidad y de la constante dieléctrica para diagnosticar las condiciones en las que se encuentra el lubricante.

A continuación, se muestran de forma aleatoria los resultados de 5 unidades de la flota vehicular del GAD Municipal. El resultado del análisis de los vehículos restantes, se presentan en el anexo B.

3.1.6 Suzuki Grand Vitara SZ

Durante el periodo de 2500km de recorrido, el cual es el kilometraje de cambio de lubricante se obtuvo los siguientes valores:

Constante Dieléctrica

Aceite base @100°C = 2.26

Aceite usado @100°C @2500km = 2.23

Porcentaje de variación: 1.32%

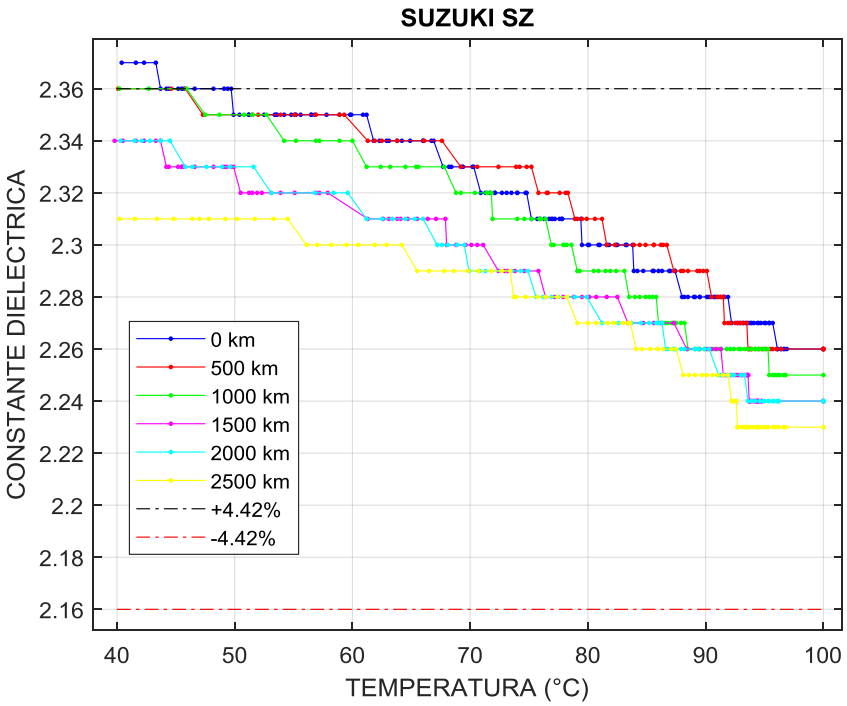


Figura 3.8: Constante dieléctrica del lubricante, Suzuki SZ
Fuente: Los Autores

En la figura 3.8 se muestra el comportamiento de la curva de la constante dieléctrica con respecto al aceite base, la misma se degrada de manera progresiva hasta alcanzar un valor de 2.23 cuando ha alcanzado los 2500Km de recorrido. Este valor representa un porcentaje de variación con respecto al aceite base de 1.32%, y se encuentra dentro del límite máximo permisible de variación correspondiente a ±4.42%. El descenso de la curva se deduce que es provocado por la degradación normal del aceite con respecto al periodo de uso en el motor.

Viscosidad

Aceite base @100°C = 18.5cSt

Aceite usado @100°C @2500km = 17.1cSt

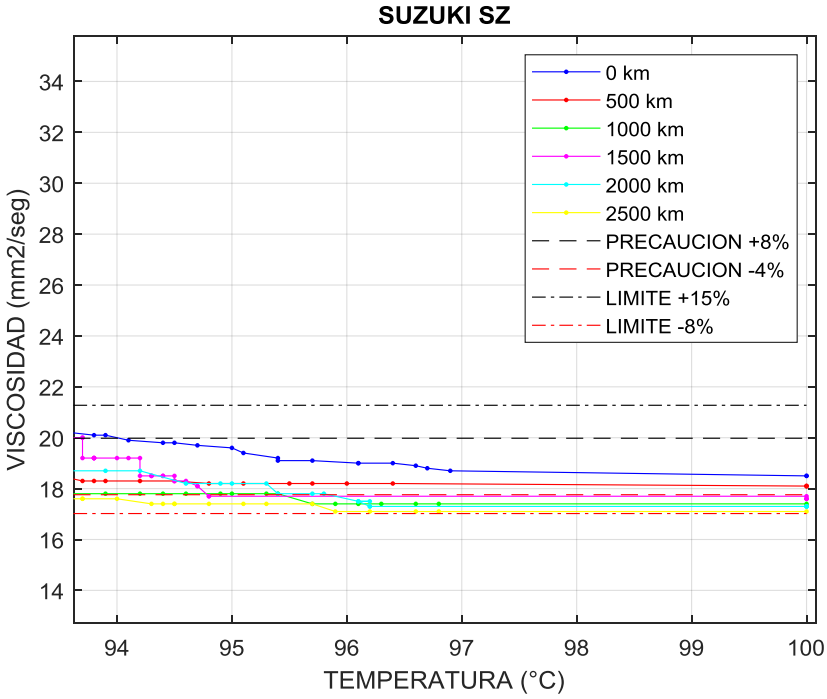


Figura 3.9: Viscosidad del lubricante, Suzuki
Fuente: Los Autores

En la figura 3.9 se aprecia el comportamiento de la curva de la viscosidad con respecto al aceite base, de manera similar al análisis anterior; con la ecuación 1.1 calculamos el porcentaje de variación máximo, dando como resultado un porcentaje de disminución del 7.56% con respecto a la curva del aceite base, dicho valor sobrepasa el límite de precaución correspondiente a -4%, pero no obstante, la viscosidad se encuentra ligeramente cercana al límite máximo permisible de variación que es válido hasta -8%, su descenso se puede derivar por varios factores que afectan a la viscosidad, como lo es la degradación del lubricante o la contaminación por el mismo combustible del motor.

En resumen, podemos deducir que el aceite se encuentra próximo al cumplir con su vida útil, puesto que, si bien la constante dieléctrica se encuentra dentro de un rango moderado de variación, la viscosidad está muy próxima a sobrepasar el límite máximo. En el caso de hacerlo el lubricante no estaría apto para cumplir con las exigencias internas de lubricación en el motor. En consecuencia, el periodo de cambio de lubricante es acertado por parte del área de mantenimiento de la entidad, de esta forma

se busca salvaguardar la vida útil del motor, teniendo un lubricante en buenas condiciones.

3.1.7 Volquetes Hino GH

A continuación, se realiza el análisis de constante dieléctrica y viscosidad en los tres volquetes, puesto que son del mismo modelo y año de fabricación; los recorridos utilizados para el análisis corresponden a 1500km y 2500km debido a que en estos se producen variaciones significativas en los parámetros del lubricante en comparación a los otros kilometrajes.

Constante Dieléctrica

Durante el periodo de 1500km de recorrido se obtuvo el siguiente valor de constante dieléctrica para los 3 volquetes:

Aceite base @100°C = 2.29

Aceite usado @100°C @1500km:

Volquete número 1 AME0012 = 2.25

Volquete número 2 AME0025 = 2.26

Volquete número 3 AME0026 = 2.18

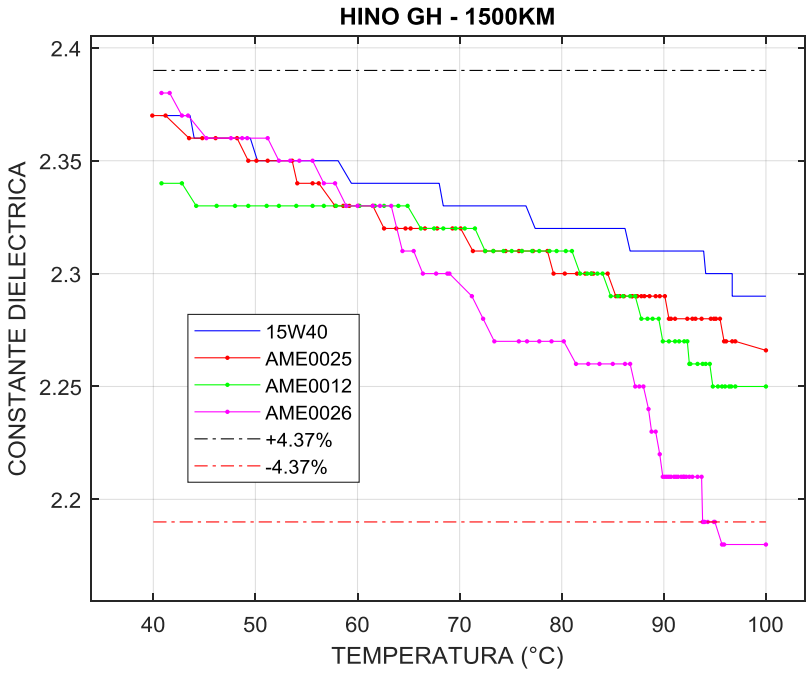


Figura 3.10: Constante dieléctrica del lubricante, volquetes Hino GH
Fuente: Los Autores

En la figura 3.10 se aprecian las tres curvas que describen el comportamiento del aceite tras haber recorrido 1500km, en los volquetes AME0012 y AME0025 se tiene una disminución del 1.74% y 1.31% respectivamente, con respecto al aceite base, mostrándose un comportamiento normal de la degradación en este punto, puesto que se encuentran dentro del límite de variación permisible.

Por otra parte, el volquete AME0026 cuando alcanza los 1500km de recorrido se observa que la constante dieléctrica muestra un valor inferior con respecto a sus semejantes, Sufriendo una disminución correspondiente al 4.8% con respecto al aceite base, dicho valor sobrepasa los límites de variación máxima que es permitido hasta 4.37%. El valor de este parámetro no es normal ya que posee una degradación prematura al llegar a este kilometraje, dicha degradación podría ser causada, por ejemplo, por contaminación del aceite con partículas de combustible.

Durante el periodo de 2500km de recorrido se obtuvo el siguiente valor de constante dieléctrica para los 3 volquetes:

Aceite base @100°C = 2.29

Aceite usado @100°C @2500km:

Volquete número 1 AME0012 = 2.21

Volquete número 2 AME0025 = 2.20

Volquete número 3 AME0026 = 2.03

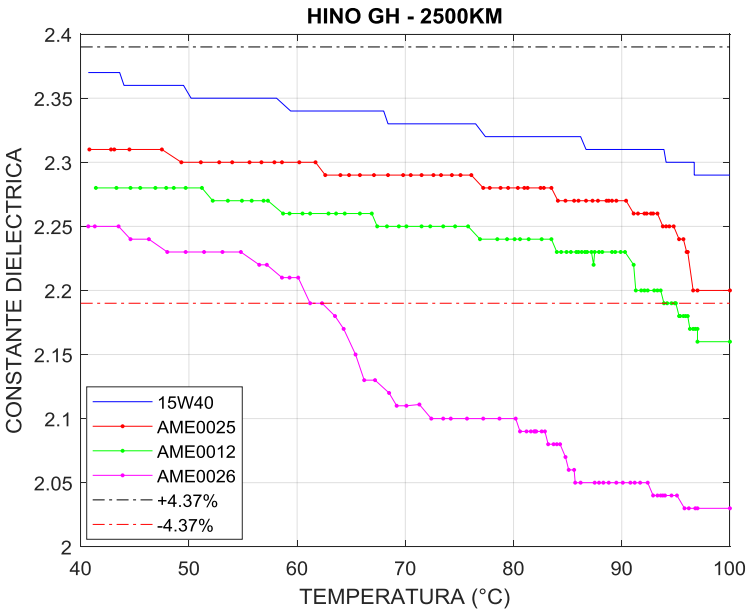


Figura 3.11: Constante dieléctrica del lubricante, Volquetes Hino GH
Fuente: Los Autores

En la figura 3.11 se puede apreciar las curvas que describen el comportamiento del aceite tras haber recorrido 2500km, el volquete AME0012 y AME0025, tienen una disminución del 3.49 y 3.9% respectivamente, con respecto al aceite base, dicho valor se encuentra cerca del límite máximo permisible correspondiente a 4.37%. Esta variación es consecuencia de la degradación progresiva del aceite con respecto al kilometraje recorrido.

En cuanto al volquete AME0026 se tiene una disminución del 11.3%, con respecto al aceite base, excediendo así el límite máximo permisible al alcanzar el kilometraje especificado.

Viscosidad

De la misma manera ahora analizaremos la viscosidad del lubricante a 1500 y 2500km de recorrido

Aceite base @100°C = 14.5cSt

Aceite usado @100°C @1500km

AME0012 = 14.1 cSt

AME0025 = 13.2 cSt

AME0026 = 13.7 cSt

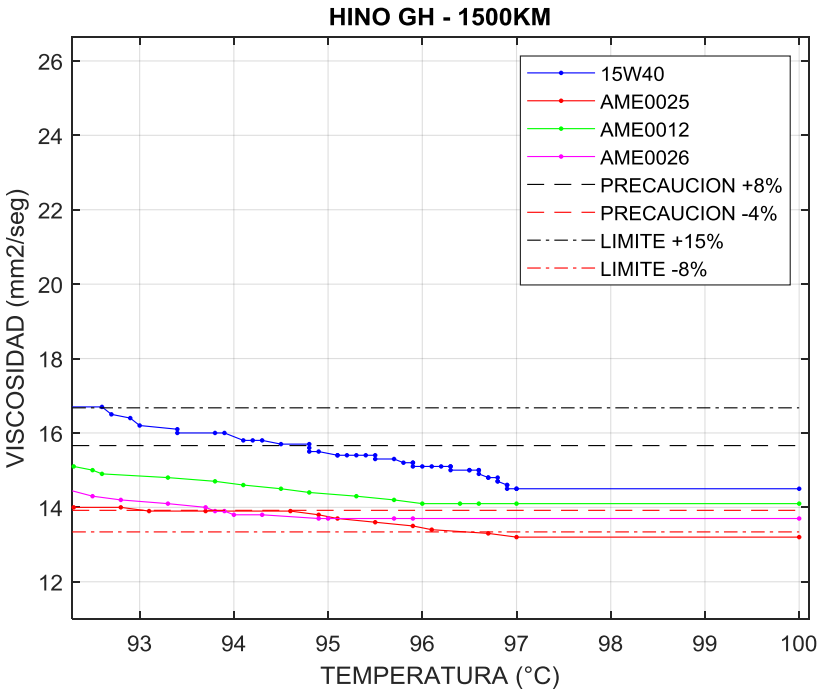


Figura 3.12 Viscosidad del lubricante, Volquetes Hino GH
Fuente: Los Autores

Tras haber recorrido 1500km, en los volquetes AME0012 y AME0026 se tiene una disminución del 2.75% y 5.51% respectivamente, con respecto al aceite base, mostrándose un comportamiento normal de la degradación en este punto puesto que se encuentran dentro de los límites de precaución, permitiendo así que el lubricante siga siendo útil.

Por el contrario, en la figura 3.12 podemos apreciar que la curva del volquete AME0025 al alcanzar el kilometraje especificado sobrepasa ligeramente el límite máximo de variación permisible con referencia a sus semejantes, obteniendo un valor de disminución del 8.9% en su viscosidad. En este punto, la viscosidad del lubricante sufre una degradación prematura de tal forma que no alcanza a llegar al periodo de cambio estipulado por el área de mantenimiento correspondiente a 2500km.

Durante el periodo de 2500km de recorrido se obtuvo el siguiente valor de viscosidad para los 3 volquetes:

Aceite base @100°C = 14.5cSt
Aceite usado @100°C @2500km:

Volquete número 1 AME0012 = 13.5cSt
Volquete número 2 AME0025 = 12.8cSt
Volquete número 3 AME0026 = 13.1cSt

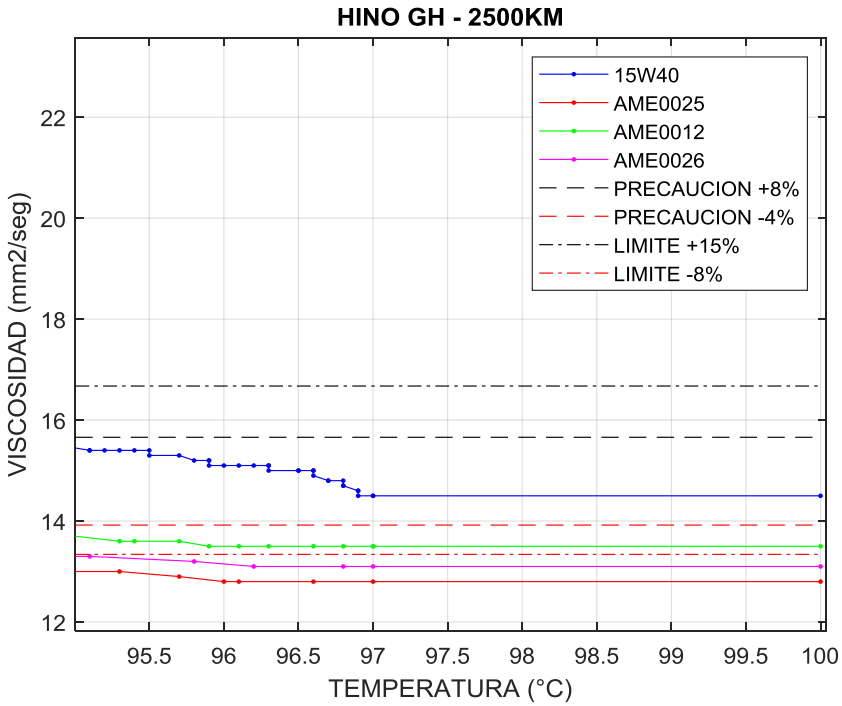


Figura 3.13: Viscosidad del lubricante, Volquetes Hino GH
Fuente: Los Autores

En la figura 3.13 podemos observar el comportamiento de las tres curvas al alcanzar los 2500km de recorrido, en primera instancia lo que salta a la vista es que las curvas de los volquetes AME0025 y AME0026 sobrepasan el límite máximo de variación permisible con valores de 11.72 y 9.6% respectivamente.

En cuanto al volquete AME0012 al alcanzar el kilometraje establecido obtiene un valor de disminución de 6.8 % con respecto al aceite base, de tal manera que sobrepasa la zona de precaución, pero no obstante se encuentra dentro del límite máximo de variación.

Tabla 3.2 Comparativa del estado de los parámetros del aceite de los volquetes
Fuente: Los Autores

	Constante Dieléctrica		Viscosidad	
Volquetes	1500km	2500km	1500km	2500km
AME0025	🟢	🟢	🔴	🔴
AME0012	🟢	🟢	🟢	🟢
AME0026	🔴	🔴	🟢	🔴

- Dentro del límite: 🟢
- Fuera del límite: 🔴

En la tabla 3.2 podemos ver una síntesis del análisis tanto de la constante dieléctrica como de la viscosidad del lubricante, se deduce que el aceite del volquete AME0012, al llegar al periodo de cambio de lubricante, este se encuentra en un estado aceptable para seguir cumpliendo con las exigencias internas que requiere el sistema de lubricación, por lo cual se puede atribuir que el aceite está siendo desechado antes de que se degrade por completo.

Por otra parte, el aceite de los volquetes AME0025 y AME0026 al alcanzar al periodo de cambio, sufren una degradación notoria en la constante dieléctrica y la viscosidad al encontrarse fuera de los límites máximos de variación, de tal manera que el aceite ha perdido ciertas propiedades antes de ser reemplazado.

3.1.8 Nissan Xtrail Diésel

Constante Dieléctrica

Durante este periodo se obtuvo el siguiente valor de constante dieléctrica

Aceite base @100°C = 2.29

Aceite usado @100°C @2500km = 2.18

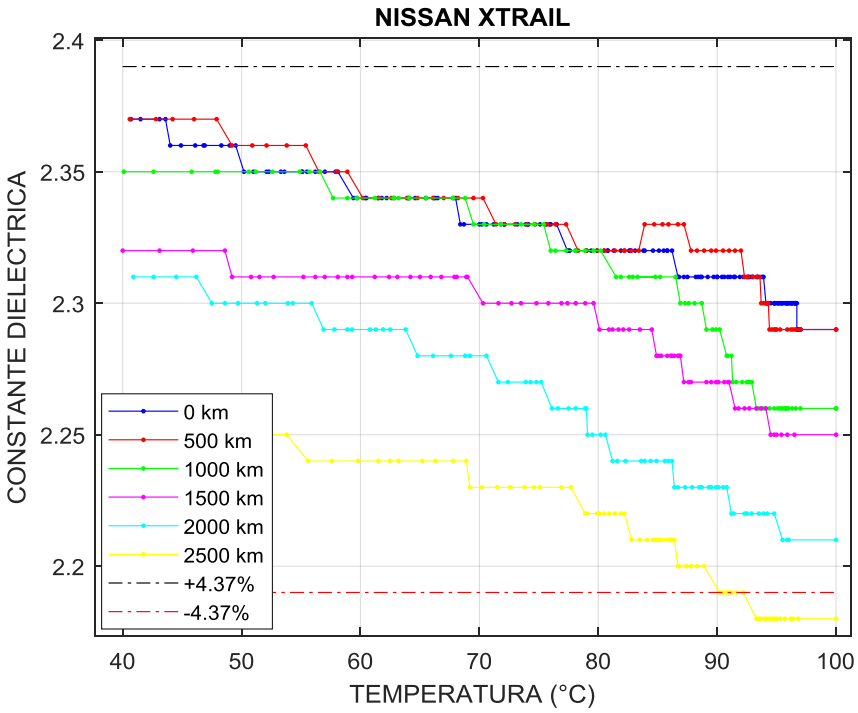


Figura 3.14: Constante dieléctrica del lubricante, Nissan Xtrail
Fuente: Los Autores

Según la figura 3.14, se observa que la constante dieléctrica sufre una degradación progresiva, a partir de los 1000km se aprecia que su valor empieza descender con respecto a la curva base; cuando alcanza los 2000km de recorrido la constante dieléctrica se encuentra próxima al valor límite máximo de variación permisible, teniendo una disminución del 3.49% en comparación al aceite base, hasta este punto la constante dieléctrica permanece apta para desempeñar con su función, pero al alcanzar los 2500km de recorrido, la constante dieléctrica muestra una disminución del 4.8% con referencia al aceite base; en este caso el valor sobrepasa el límite admisible que es válido hasta 4.37%.

Viscosidad

Durante este periodo se obtuvo el siguiente valor de viscosidad

Aceite base @100°C = 14.5cSt

Aceite usado @100°C @2500km = 13.2cSt

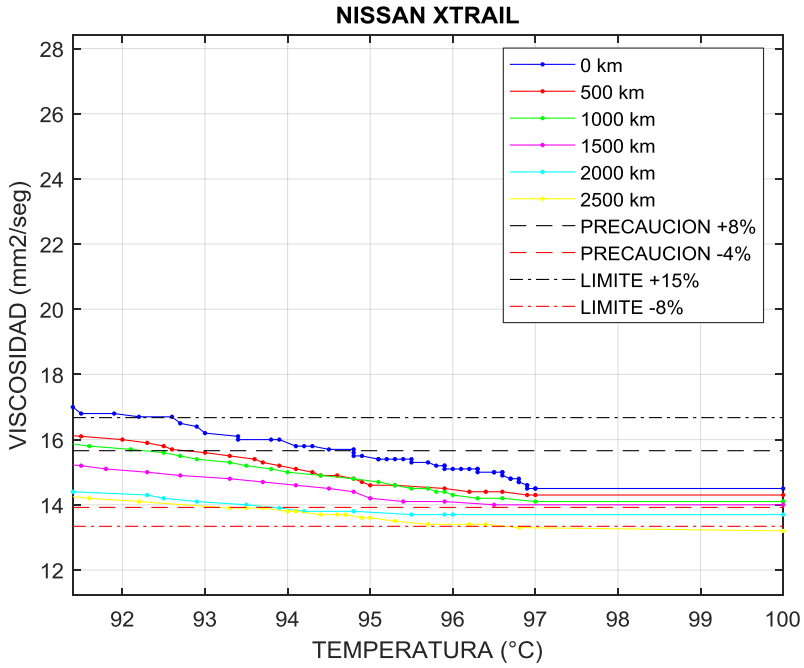


Figura 3.15: Viscosidad del lubricante, Nissan Xtrail
Fuente: Los Autores

En la gráfica 3.15 se aprecia que la viscosidad se encuentra en la zona de precaución hasta los 1500km, luego empieza a tener cambios relevantes a partir de los 2000km, en este recorrido se observa que la curva sobrepasa el límite de precaución y, al alcanzar los 2500km se tiene una disminución del 8.9% con respecto al aceite base. Este parámetro del lubricante se degrada de forma progresiva provocando que, al llegar al periodo de cambio establecido se exceda ligeramente con un valor de 0.9% del límite máximo permisible.

3.2 Comparativa Global

En el siguiente apartado, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras de aceite usado de cada vehículo de la flota. A través de un gráfico de barras se puede apreciar la comparativa de un conjunto de valores con respecto a un valor base. Las barras rectangulares representan los valores resultantes del análisis de los parámetros del lubricante para cada vehículo al alcanzar el periodo de cambio de lubricante; la línea de referencia color naranja representa el valor del límite máximo de variación permisible tanto como para la viscosidad y constante dieléctrica.

Es decir, esta línea representa el valor mínimo que deben cumplir los parámetros del aceite para cumplir con su propósito de lubricación en el motor, mientras que los valores que se encuentran por debajo de dicho límite, indican que el aceite ya no mantiene un estado ideal.

A continuación, se presentan las gráficas de barra para todos los vehículos de la flota, segmentando aquellos que usan diésel o gasolina como su combustible para generar su movimiento:

Constante dieléctrica a 2500km en los vehículos a diésel

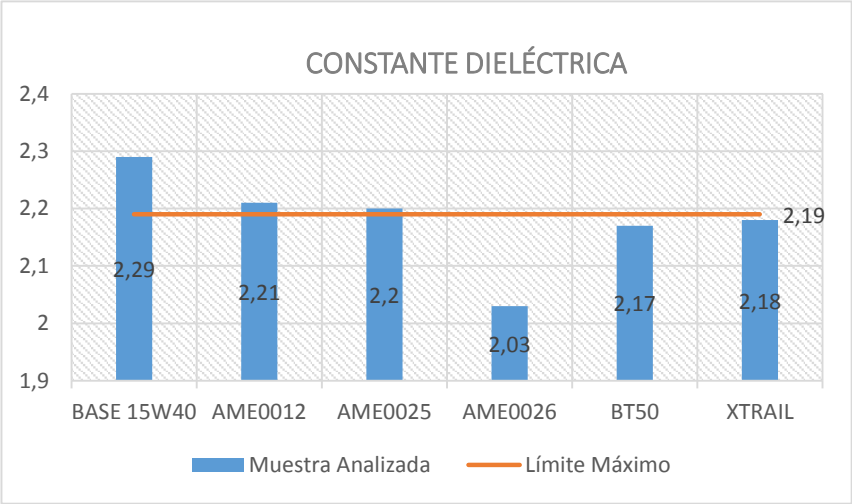


Figura 3.16: Constante dieléctrica a 2500km en vehículos diésel
Fuente: Los Autores

En la figura 3.16, se observa únicamente que las muestras obtenidas de los volquetes AME0012 y AME0025, al alcanzar el periodo de cambio de aceite estipulado por el área de mantenimiento, cumplen con un valor de constante dieléctrica superior a la línea de valor mínimo permisible.

Viscosidad a 2500km en los vehículos a diésel

En la figura 3.17, se observa únicamente que el aceite obtenido del volquete AME0012 al alcanzar el periodo de cambio de aceite estipulado por el área de mantenimiento, cumple con un valor de viscosidad superior a la línea de valor mínimo. Esta es la única que conserva un valor de viscosidad adecuado para cumplir con sus funciones lubricantes.

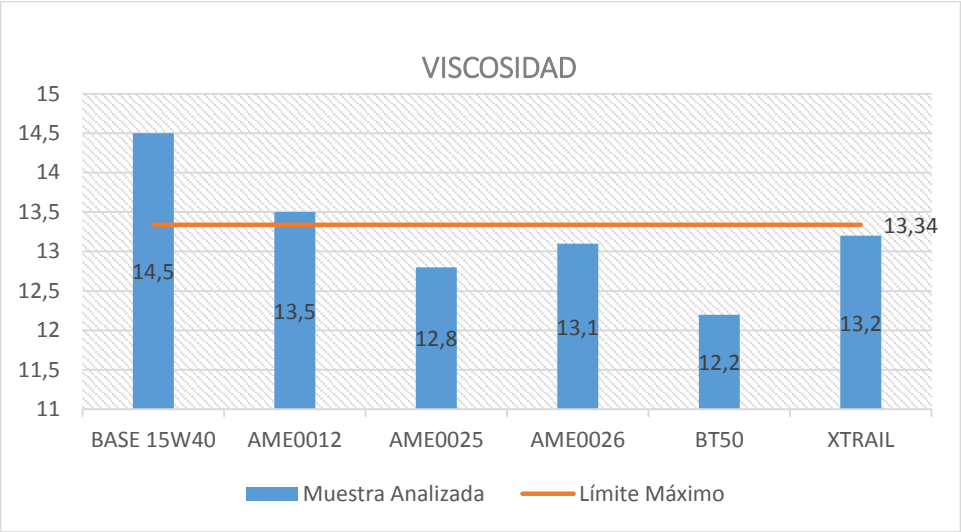


Figura 3.17: Viscosidad a 2500km en vehículos diésel
Fuente: Los Autores

Constante dieléctrica a 200 horas en los vehículos a diésel

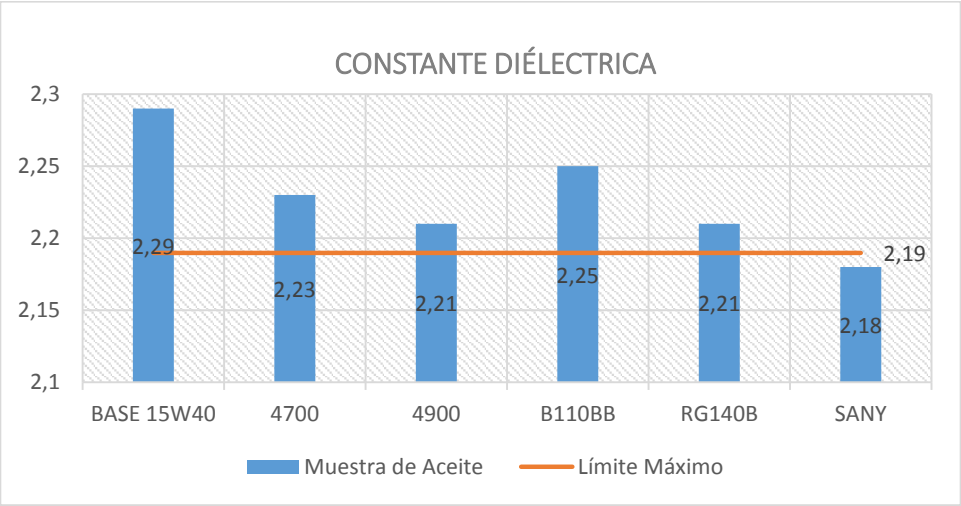


Figura 3.18: Constante dieléctrica a 200h en vehículos diésel
Fuente: Los Autores

En la figura 3.18 se observa que únicamente el aceite de la excavadora SANY no está dentro del límite máximo por lo tanto la constante dieléctrica sufrió una degradación en sus características y no se encuentra en estado aceptable.

Viscosidad a 200 horas en los vehículos a diésel

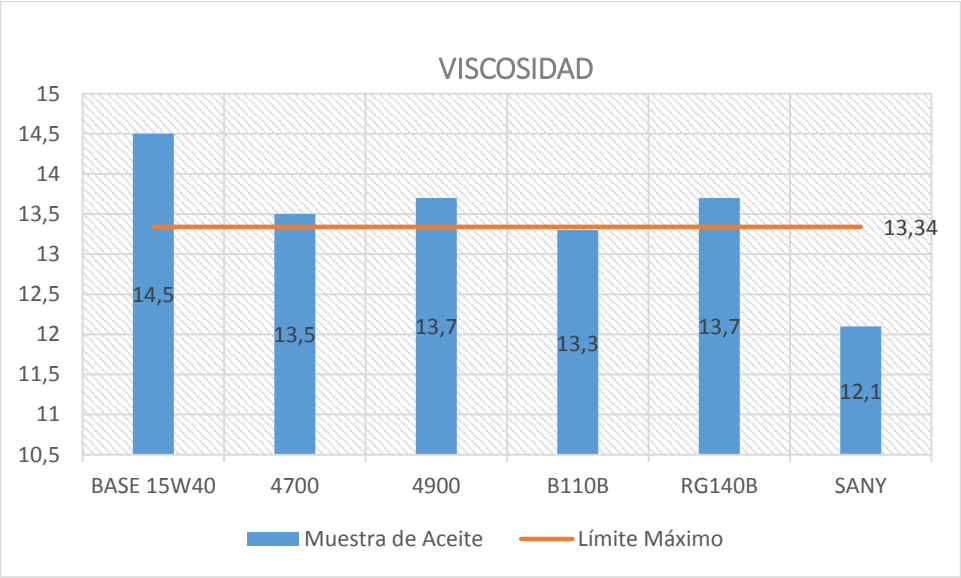


Figura 3.19: Viscosidad a 200h en vehículos a diésel
Fuente: Los Autores

En la figura 3.19 se aprecia que la viscosidad del aceite de los equipos New Holland B110B y SANY 210C, no cumplen con un valor de viscosidad superior a la línea de valor mínimo, de tal manera que este parámetro se vio afectado y no se encuentra en un estado ideal para cumplir con su principal objetivo. Por otro lado, los tres equipos restantes de la gráfica cumplen con la condición y mantienen buenas características de lubricación.

Constante dieléctrica a 2500km en los vehículos a gasolina

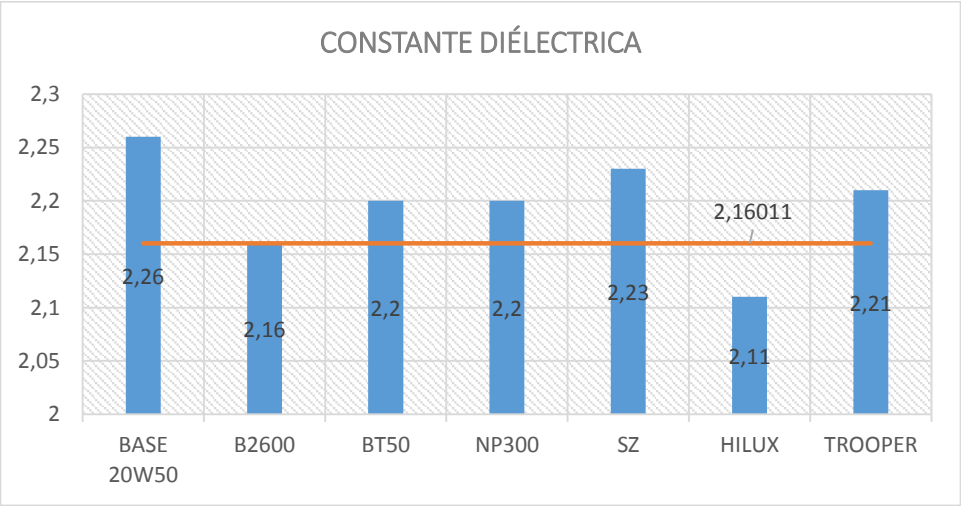


Figura 3.20: Constante dieléctrica a 2500km en vehículos a gasolina
Fuente: Los Autores

En la figura 3.20 se observa que los vehículos Mazda BT50 (AMA-2001), Nissan NP300. Grand Vitara SZ y Trooper Wagon, mantienen su valor de constante dieléctrica por encima del límite al alcanzar el periodo de cambio de aceite, mientras que los vehículos restantes que se presentan en la gráfica sufrieron una disminución significativa con respecto al aceite base, por lo tanto, su lubricante no mantiene un estado ideal en sus características.

Viscosidad a 2500km en los vehículos a gasolina

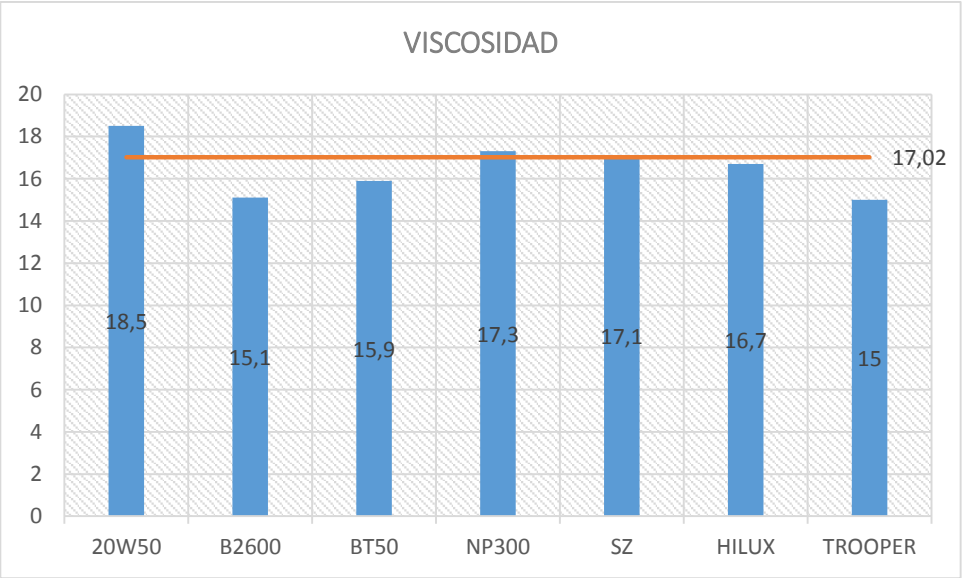


Figura 3.21: Viscosidad a 2500km en vehículos a gasolina
Fuente: Los Autores

En la figura 3.21 se distingue que el aceite de los vehículos Grand Vitara SZ, Nissan Np300, Mazda BT50 (AMA-2001) y Trooper Wagon, poseen un valor de viscosidad por encima del límite máximo de variación, conservando así su propiedad más importante, de tal manera que el aceite puede seguir cumpliendo con las exigencias requeridas por el sistema de lubricación del motor.

A continuación, se muestra una síntesis de los resultados del estado en el que se encuentra el aceite de cada uno de los vehículos, las barras de color azul indican que el aceite se encuentra sobre o dentro del límite y las naranjas a su vez representan que el aceite lo sobrepasó.

Constante dieléctrica vehículos a diésel

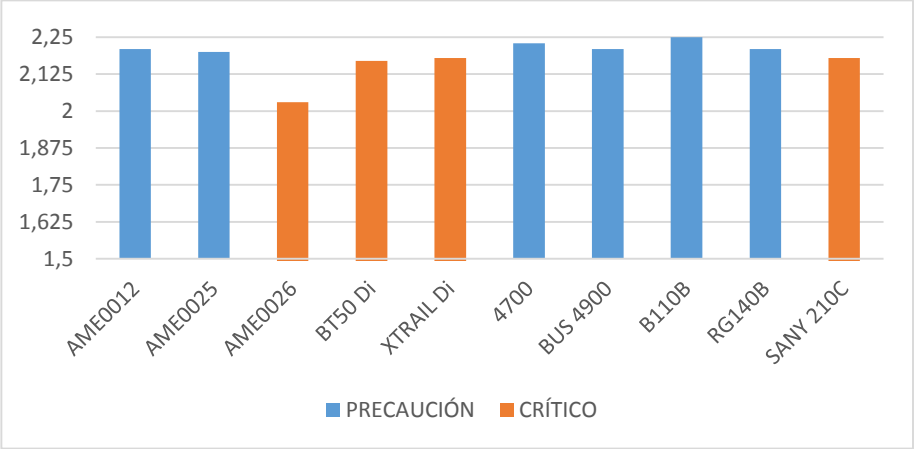


Figura 3.22: Estado de la constante dieléctrica de los vehículos a diésel
Fuente: Los Autor

Viscosidad vehículos diésel

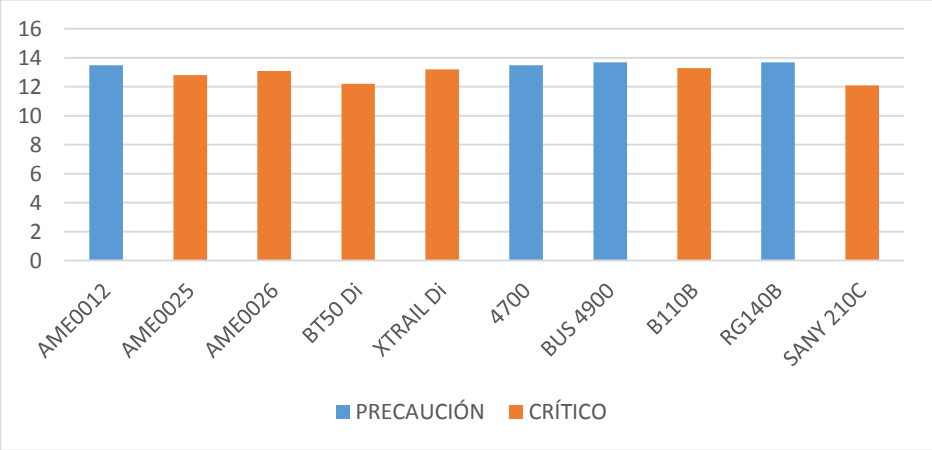


Figura 3.23: Estado de la viscosidad vehículos a diésel
Fuente: Los Autores

Constante dieléctrica vehículos a gasolina

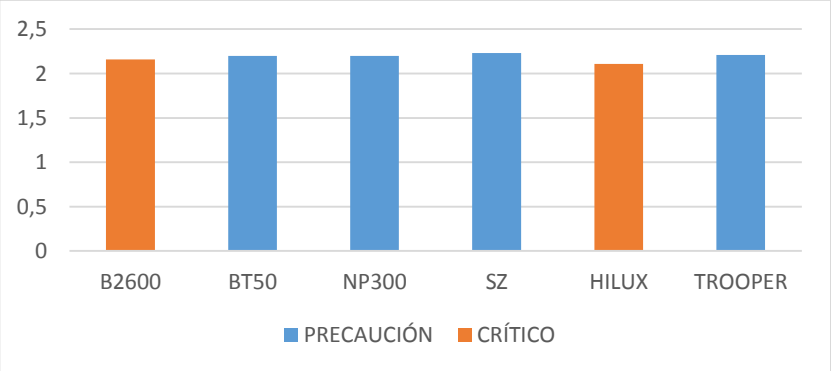


Figura 3.24: Estado de la constante dieléctrica vehículos a gasolina
Fuente: Los Autores

Viscosidad de los vehículos a gasolina

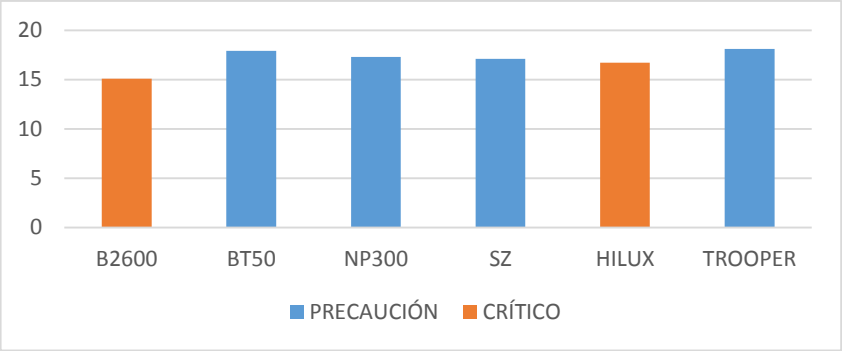


Figura 3.25: Estado de la viscosidad de los vehículos a gasolina
Fuente: Los Autores

Capítulo **4**

Elaboración: Plan de Mantenimiento Proactivo

A continuación, se presentan la propuesta del plan de mantenimiento dirigido a cada vehículo en base a los resultados obtenidos en el capítulo tres, para aplicación del mantenimiento proactivo es necesario realizar un proceso de transición que va desde el mantenimiento preventivo hasta el predictivo.

4.1 Proceso

Como primer paso para aplicar el mantenimiento proactivo a la flota es necesario conocer los historiales de mantenimiento y registros de intervenciones relevantes con respecto al motor de los vehículos. Posteriormente, se establece un plan de mantenimiento de carácter preventivo, el cual se regirá a periodos estipulados de acuerdo al recorrido o su tiempo de operación.

Después se establecerán acciones predictivas en base a las intervenciones realizadas en mantenimientos preventivos y/o correctivos, los mismos no dependerán estrictamente de los recorridos interpuestos en el mantenimiento preventivo.

Finalmente, se ejecutarán acciones de carácter proactivas, las cuales se basan principalmente en controles e inspecciones periódicas aplicadas específicamente al sistema de lubricación del vehículo, con la finalidad de determinar las causas que podrían originar un fallo a futuro.

A continuación, se presenta una propuesta de mantenimiento para cada vehículo perteneciente a la flota vehicular, la cual se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Se establece el periodo de cambio de aceite de acuerdo al área de mantenimiento del GAD Municipal y de igual manera de acuerdo al fabricante de cada vehículo, en base al análisis de aceite anteriormente realizado se propone respectivamente para cada vehículo realizar acciones de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo.

En el caso del mantenimiento proactivo se realizará un diagnostico periódico, en el cual, dependiendo de la criticidad de los resultados, podrá ser necesario realizar la aplicación de un tipo de análisis complementario más profundo, como lo es el conteo de partículas.

Tabla 4.1 Propuesta de mantenimiento
Fuente: Los Autores

Suzuki Grand Vitara SZ		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 3000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 3000km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 1000km	Inspección de fugas cada 1000km

En la tabla 4.1, se aprecia una propuesta de mantenimiento destinada directa y únicamente al lubricante del motor, en base a los resultados obtenidos del estado del aceite, en este caso está dirigida para el vehículo Grand Vitara SZ y para el resto de vehículos de la flota se adjunta al anexo

Conclusiones y Recomendaciones

Tabla I.1: Estado de los parámetros del aceite
Fuente: Los Autores

Estado del lubricante de toda la flota vehicular

Parámetro	Dentro del limite	Fuera del limite
Constante Dieléctrica	62.5%	37.5%
Viscosidad	50% (Precaución)	50% (Crítico)

En la tabla I.1, se aprecian los resultados obtenidos del análisis de los parámetros del lubricante de la flota vehicular, con estos valores podemos concluir lo siguiente:

- El 62.5% de los vehículos tanto gasolina como diésel, presentan un valor de constante dieléctrica que se encuentra dentro del límite, de manera que se puede apreciar que el aceite es desechado oportunamente antes de que el parámetro en mención se vea degradado por completo.

- En cuanto a valores críticos del parámetro correspondiente a la constante dieléctrica del lubricante, se puede observar que el 37.5% de la flota vehicular presenta un valor por debajo del límite máximo de variación permisible, mientras que para el parámetro correspondiente a la viscosidad se tiene que el 50% de la flota de los vehículos se encuentra en estado crítico, por lo que se debería tomar medidas preventivas para evitar la aparición de fallas fortuitas que ocasionen paradas repentinas de operación de los vehículos, lo que podría generar elevados costos en reparaciones.

- Se puede observar que el 50% de los vehículos pertenecientes a la flota, poseen valores de viscosidad comprendidos en estado de precaución, de tal manera se puede establecer que, al alcanzar el periodo determinado para el cambio de aceite, el lubricante todavía conserva un valor permisible de viscosidad, evitando así un desgaste excesivo en el interior del motor.

- Aquellos vehículos que posean valores críticos de constante dieléctrica y viscosidad, se debería realizar un seguimiento del estado del aceite debido a que existe una degradación prematura de mencionados parámetros antes de aproximarse al cambio del lubricante; esto, con la finalidad de tratar de encontrar el origen del problema que ocasiona la notable variación en sus valores y de esta manera evitar tener como resultado daños o fallas esporádicas dentro del motor.

- Los resultados de los análisis pueden verse afectados en ciertos vehículos cuya medida de referencia para el cambio de aceite (o mantenimiento) es el recorrido en kilómetros, debido a que en ocasiones el motor permanece encendido durante un tiempo prolongado pero el vehículo se encuentra sin desplazarse; teniendo como resultado la degradación del lubricante sin tener un registro exacto.

- Durante el proceso del muestreo se debe asegurar que no haya existido adición de aceite posterior al cambio para completar el nivel, puesto que esta acción interfiere directamente en la validez de los resultados.

- En vehículos que exista consumo de aceite por combustión debido a largos tiempos de operación o longevidad, se podría contemplar el cambio de grado de viscosidad del lubricante a uno superior para posteriormente realizar un nuevo análisis, con la finalidad de observar si existe una menor variación en los valores de los parámetros del lubricante.

- Tras determinar una variación no favorable en el estado del aceite y realizarse una acción correctiva, es recomendable realizar un seguimiento más estrecho mediante muestreos periódicos del lubricante con la finalidad de observar si existen resultados positivos a partir de la intervención realizada.

- Durante el desarrollo del muestreo, el equipo JCV Vibromax VM106D, sufrió una avería fortuita, de tal manera que no se pudo continuar con el proceso de toma de muestras, impidiendo así continuar con el posterior análisis.

Bibliografía

ALONSO PEREZ, J. M. (2013). *MOTORES* (1ra. Edición. ed.). (M. J. Raso, Ed.) Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.

América, N. L. (6 de 11 de 2013). *Medicion de la densidad relativa*. Recuperado el 19 de 12 de 2019, de https://noria.mx/lublearn/medicion-de-la-densidad-relativa-de-los-lubricantes/

AREVALO AVALOS, D. A. (10 de 03 de 2015). *Propuesta de mejora para el mantenimiento del equipo pesado de la constructora COANDES S.A. basado en un análisis del aceite lubricante usado en los motores de combustión interna diésel.* Cuenca. Obtenido de Tesis de grado: file:///C:/Users/luchin_S/Downloads/UPS-CT005191%20(1).pdf

Autor, S. (s.f.). *CSTGROUP*. Obtenido de Bombas Vampiro: http://cstonline.cl/subcategoria/299/bombas-vampiro/

BETANCOURT, D., & FLORES, D. (2018). *Diagnostico del aceite usado de motor de la empresa de transporte urbano LANCOMTRI S.A.* Cuenca.

CORNEJO JARAMILLO, A. S. (11 de 2016). *Diseño y construction de un dispositivo para encontrar la conductividad electrica de un lubricante.* Quito. Recuperado el 19 de 12 de 2019, de tesis de grado: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14257/1/68243_1.pdf

Corporation, N. (7 de Mayo de 2019). *Noria*. Obtenido de http://noria.mx/lublearn/usos-y-beneficios-del-conteo-de-particulas/

DASANTES, P. F. (2011). *Motores de combustion interna alternativos.* Valencia: EDITORIAL REVERTE.,S.A.

GALARZA MENDOZA, J. A. (2017). *PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ANÁLISIS DE ACEITE PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA EXCAVADORA CATERPILLAR 390FL DE STRACON GYM- CAJAMARCA.* Huancayo-Perú. Obtenido de FACULTAD INGENIERIA MECANICA -TESIS: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3668/Galarza%20Mendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GULF. (s.f.). *Gulf Super Duty XLE.* Obtenido de Aceite para motor de vehiculo comercial : http://wavarodesign.net/gulfoilpanama/imagenes/pdf/Es_Gulf%20Super%20Duty%20XLE%2015W-40.pdf

laposadadelpez. (2019). *sourcingmap® 2L de plástico Reactivo de Laboratorio frasco de boca ancha espesar Sellado botella de color blanco B01N3MO9NI*. Obtenido de http://www.laposadadelpez.es/sourcingmap-r-2l-de-plastico-reactivo-de-laboratorio-frasco-de-boca-ancha-espesar-sellado-botella-de-color-blanco-b01n3mo9ni.html

LEON LECCA, L. F. (2017). *"MANTENIMIENTO PROACTIVO BASADO EN EL ANALISIS Y MONITOREO DE ACEITE LUBRICANTE APLICADO A LA FLOTA DE TRACTOCAMIONES FREIGHTLINER.* Trujillo-Perú. Obtenido de TESIS DE GRADO: http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9492/LE%c3%93N%20LECCA%2c%20Luis%20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ltda, S. C. (s.f.). *Tecnicas Basicas De Muestreo.* Recuperado el 19 de 12 de 2019, de http://www.lubricantespremium.com.pe/_a/web/pdfnoticias/muestreo_lubricantes_usados.pdf

MARTINEZ, H. G. (1999). *Manual del Automóvil: Reparación y Mantenimiento.* Madrid-España: Cultural S.A.

Noria. (21 de 11 de 2013). *Interpretación sistemática del análisis de aceite – Técnica SACODE*. Recuperado el 19 de 12 de 2019, de https://noria.mx/lublearn/interpretacion-sistematica-del-analisis-de-aceite-tecnica-sacode/

Noria. (2013 de 11 de 2013). *lublearn*. Recuperado el 2019 de 09 de 09, de Establecimiento de Límites y Objetivos para un Análisis de Aceite Efectivo: http://noria.mx/lublearn/establecimiento-de-limites-y-objetivos-para-un-analisis-de-aceite-efectivo/

Noria Corporation. (2019). *Machinery lubrication*. Recuperado el 2019 de 9 de 9, de Set oil analisys limits correctly : https://www.machinerylubrication.com/Read/784/oil-analysis-limits

Ocupació, G. d. (09 de 09 de 2019). *Mantenimiento Preventivo.* Obtenido de Quaderns de prevenció: https://treball.gencat.cat/web/.content/09_-_seguretat_i_salut_laboral/publicacions/imatges/qp_manteniment_preventiu_cast.pdf

PDV. (s.f.). *Informacion del producto.* Obtenido de Supra Premium: http://pdv.com.gt/Archivos/Automotriz/PDV%20Supra%20Premium.pdf

SENA. (1991). *Manual de Mantenimiento.* Obtenido de Fedemetal: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#

SENA, m. (s.f.). *Lubricacion de Maquinaria.* Recuperado el 6 de 08 de 2019, de Elementos De Maquinas: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol12/volumen12.html#

Tejedor, A. S. (s.f.). *Quimica Organica Industrial*. Obtenido de Lubricantes: https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php

Tekniker. (03 de 2002). Recuperado el 16 de 09 de 2019, de MANTENIMIENTO PREDICTIVO-PROACTIVO A TRAVES DEL ANALISIS DE ACEITE: https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/3/3206/Curso_Lubricantes.pdf

TORMOS, B. (2005). *DIAGNOSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANALISIS DEL ACEITE USADO.* Valencia: REVERTE S.A.

Tormos, B. (2005). *DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL ACEITE USADO.* Valencia: Reverté.

TRUJILLO C, G. (26 de 8 de 2002). *El Mantenimiento Proactivo como una herramientapara extender la vida de sus equipos.* México. Obtenido de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.mantenimientomundial.com/notas/lubproact.pdf

ubica), S. A. (18 de 11 de 2018). *Widman International SR*. Obtenido de Mantenimiento Proactivo: https://www.widman.biz/Analisis/viscosidad.html

ubica), S. A. (s.f.). *Algo sobre motores Motores de Combustión Interna*. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de Taller Actual: https://www.talleractual.com/tecnica/partes-de-motor/2253-algo-sobre-motores-motores-de-combustion-interna

ubica), S. A. (s.f.). *Ciclo teorico de funcionamiento.* Obtenido de https://previa.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf

ubica), S. A. (s.f.). *Técnicas reométricas.* Recuperado el 11 de 09 de 2019, de Técnicas reométricas: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3626/1/tema5RUA.pdf

ANEXO A

Fichas Técnicas de Vehículos

Tabla A.1: Ficha técnica New Holland B110B
Fuente: Los Autores

MARCA		New Holland	
MODELO		B110B	
AÑO		2009	
PLACA		7.2-1001209	
MOTOR			
	Marca	NHFPT	
	Cilindros	4	
	Par máximo	480Nm	
	Potencia	80kw	
COMBUSTIBLE		Diésel	
ACEITE MOTOR			
	Marca	Gulf	
	Grado	15w40	
	Ultimo cambio	8175h	
	Muestreo 1	8234h	
	Muestreo 2	8272h	
	Muestreo 3	8308h	
	Muestreo 4	8332h	

Tabla A.2 Ficha técnica Mazda BT50
Fuente: Los Autores

MARCA		Mazda
MODELO		BT50
AÑO		2010
PLACA		AMA-2001
MOTOR		
	Cilindrada	2500cc
	Relación de compresión	9.7:1
	Cilindros	4
	Par máximo	225Nm
	Potencia	169CV
COMBUSTIBLE		Gasolina
ACEITE MOTOR		
	Marca	PDV
	Grado	20W50
	Ultimo cambio	143775
	Muestreo 1	144265
	Muestreo 2	144723
	Muestreo 3	145311
	Muestreo 4	145946
	Muestreo 5	146137

Tabla A.3: Ficha técnica Nissan NP300
Fuente: Los Autores

MARCA		Nissan
MODELO		NP300
AÑO		2007
PLACA		
MOTOR		K24E
	Cilindrada	2400cc
	Capacidad aceite	5qts
	Cilindros	4
	Par máximo	173lb-pie
	Potencia	154hp
COMBUSTIBLE		Gasolina
ACEITE MOTOR		
	Marca	PDV
	Grado	20W50
	Ultimo cambio	248422km
	Muestreo 1	248945km
	Muestreo 2	249502km
	Muestreo 3	250010km
	Muestreo 4	250484km
	Muestreo 5	251093km

Tabla A.4 Ficha Técnica International 4700DT466
Fuente: Los Autores

MARCA		International
MODELO		4700DT466
AÑO		1995
PLACA		AMC-040
MOTOR		Cummins DT466
	Cilindrada	7300cc
	Capacidad aceite	30qts
	Cilindros	6
	Par máximo	800lb-ft
	Potencia	250hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	4299h
	Muestreo 1	4345h
	Muestreo 2	4398h
	Muestreo 3	4454h
	Muestreo 4	4511h

Tabla A.5: Ficha Técnica JCV Vibromax
Fuente: Los Autores

MARCA		JCV
MODELO		Vibromax VM106D
AÑO		2006
PLACA		6.1-1-001207
MOTOR		Cummins D3.9C125
	Cilindrada	4000cc
	Capacidad aceite	12qts
	Cilindros	6
	Par máximo	
	Potencia	140hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	5977h
	Muestreo 1	6027h
	Muestreo 2	
	Muestreo 3	
	Muestreo 4	

Tabla A.6: Ficha Técnica Volquete 1
Fuente: Los Autores

MARCA		Hino
MODELO		GH
AÑO		2006
PLACA		AME-0025
MOTOR		A09C-US
	Cilindrada	8866cc
	Capacidad aceite	14qts
	Cilindros	6
	Par máximo	1275Nm
	Potencia	320hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	270280km
	Muestreo 1	270794km
	Muestreo 2	271159km
	Muestreo 3	271888km
	Muestreo 4	272350km
	Muestreo 5	272993km

Tabla A.7: Ficha técnica Volquete 2
Fuente: Los Autores

MARCA		Hino
MODELO		GH
AÑO		2006
PLACA		AME-0012
MOTOR		A09C-US
	Cilindrada	8866cc
	Capacidad aceite	14qts
	Cilindros	6
	Par máximo	1275Nm
	Potencia	320hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	204452km
	Muestreo 1	204867km
	Muestreo 2	205321km
	Muestreo 3	205773km
	Muestreo 4	206231km
	Muestreo 5	206678km

Tabla A.8: Ficha técnica Volquete 3
Fuente: Los Autores

MARCA		Hino
MODELO		GH
AÑO		2006
PLACA		AME-0026
MOTOR		A09C-US
	Cilindrada	8866cc
	Capacidad aceite	14qts
	Cilindros	6
	Par máximo	1275Nm
	Potencia	320hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	217287km
	Muestreo 1	217704km
	Muestreo 2	218003km
	Muestreo 3	218445km
	Muestreo 4	218889km
	Muestreo 5	218992km

Tabla A.9: Ficha técnica Nissan Xtrail
Fuente: Los Autores

MARCA		Nissan
MODELO		Xtrail T30
AÑO		2008
PLACA		AMA-1624
MOTOR		M9R
	Cilindrada	2.0cc
	Capacidad aceite	8qts
	Cilindros	4
	Par máximo	314Nm
	Potencia	134Hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	113834km
	Muestreo 1	114503km
	Muestreo 2	115118km
	Muestreo 3	115625km
	Muestreo 4	116164Km
	Muestreo 5	116717km

Tabla A.10: Ficha Técnica Toyota Hilux
Fuente: Los Autores

MARCA		Toyota
MODELO		Hilux
AÑO		2006
PLACA		AME-0027
MOTOR		2TR-FE
	Cilindrada	2700cc
	Capacidad aceite	5qts
	Cilindros	4
	Par máximo	245Nm
	Potencia	163Hp
COMBUSTIBLE		Gasolina
ACEITE MOTOR		
	Marca	PDV
	Grado	20w50
	Ultimo cambio	419209km
	Muestreo 1	419946km
	Muestreo 2	420525km
	Muestreo 3	421035km
	Muestreo 4	421442Km
	Muestreo 5	421997km

Tabla A.11: Ficha Técnica Mazda B2600
Fuente: Los Autores

MARCA		Mazda
MODELO		B2600
AÑO		2007
PLACA		AME-029
MOTOR		G6
	Cilindrada	2600cc
	Capacidad aceite	5qts
	Cilindros	4
	Par máximo	202Nm
	Potencia	102HP
COMBUSTIBLE		Gasolina
ACEITE MOTOR		
	Marca	PDV
	Grado	20w50
	Ultimo cambio	253859km
	Muestreo 1	254389km
	Muestreo 2	254879km
	Muestreo 3	255421km
	Muestreo 4	255997Km
	Muestreo 5	256523km

Tabla A.12: Ficha técnica Grand Vitara SZ
Fuente: Los Autores

MARCA		Grand Vitara
MODELO		SZ
AÑO		2010
PLACA		AME-0041
MOTOR		J20A
	Cilindrada	2000cc
	Capacidad aceite	5qts
	Cilindros	4
	Par máximo	182Nm
	Potencia	127HP
COMBUSTIBLE		Gasolina
ACEITE MOTOR		
	Marca	PDV
	Grado	20w50
	Ultimo cambio	274976km
	Muestreo 1	275415km
	Muestreo 2	275826km
	Muestreo 3	276289km
	Muestreo 4	276621Km
	Muestreo 5	277048km

Tabla A.13: Ficha técnica Mazda BT50 DI
Fuente: Los Autores

MARCA		Mazda
MODELO		BT50
AÑO		2012
PLACA		AMA-1625
MOTOR		WL-C
	Cilindrada	2500cc
	Capacidad aceite	7qts
	Cilindros	4
	Par máximo	330Nm
	Potencia	143cv
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	164817km
	Muestreo 1	165390km
	Muestreo 2	165912km
	Muestreo 3	166602km
	Muestreo 4	167114Km
	Muestreo 5	167635km

Tabla A.14: Ficha técnica Trooper Wagon
Fuente: Los Autores

MARCA		Isuzu
MODELO		Trooper Wagon
AÑO		1998
PLACA		
MOTOR		6VD1
	Cilindrada	3200cc
	Capacidad aceite	6qts
	Cilindros	4
	Par máximo	265Nm
	Potencia	190CV
COMBUSTIBLE		Gasolina
ACEITE MOTOR		
	Marca	PDV
	Grado	20w50
	Ultimo cambio	141616km
	Muestreo 1	142087km
	Muestreo 2	142429km
	Muestreo 3	142884km
	Muestreo 4	143601Km
	Muestreo 5	144025km

Tabla A.15: Ficha técnica International 4900
Fuente: Los Autores

MARCA		International
MODELO		4900
AÑO		1993
PLACA		AMA-1621
MOTOR		Cummins DT466
	Cilindrada	7600cc
	Capacidad aceite	30qts
	Cilindros	6
	Par máximo	800lb-ft
	Potencia	250hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	6385h
	Muestreo 1	6442h
	Muestreo 2	6489h
	Muestreo 3	6513h
	Muestreo 4	6538h

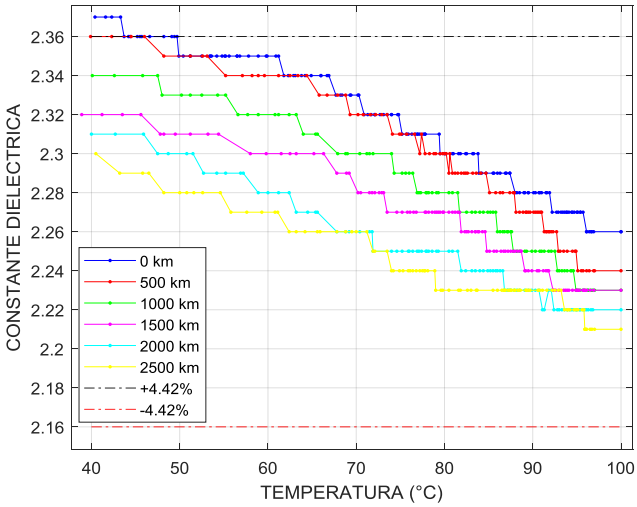
Tabla A.16: Ficha técnica New Holland RG140B
Fuente: Los Autores

MARCA		New Holland
MODELO		RG140B
AÑO		2006
PLACA		
MOTOR		Cummins 6A-5.9
	Cilindrada	5900cc
	Capacidad aceite	14qts
	Cilindros	6
	Par máximo	658Nm
	Potencia	140hp
COMBUSTIBLE		Diésel
ACEITE MOTOR		
	Marca	Gulf
	Grado	15W40
	Ultimo cambio	14020h
	Muestreo 1	14080h
	Muestreo 2	14132h
	Muestreo 3	14891h
	Muestreo 4	14213h

ANEXO B

Resultados del Resto de Vehículos de la Flota

Tabla B.1: Resultados del análisis Trooper Wagon
Fuente: Los Autores

ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Isuzu **Modelo:** Trooper Wagon
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:** 2.21 **Disminución:** 2.21% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica se encuentra dentro de la zona de precaución al alcanzar el periodo de cambio de lubricante, se deduce que su descenso es ocasionado por la degradación del mismo.	

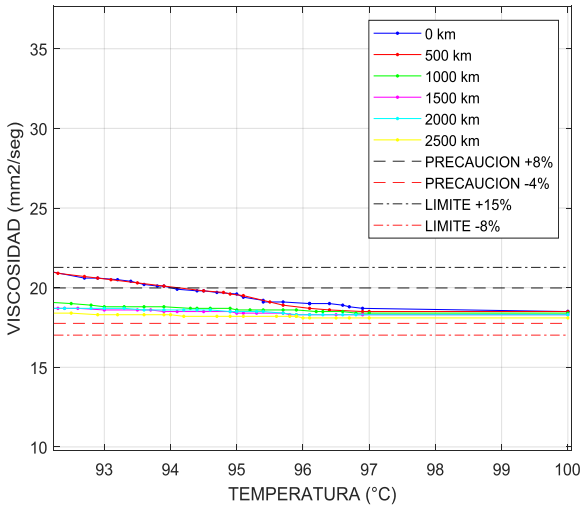
Viscosidad	
Aceite nuevo @100°C: 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 18.1cSt **Disminución:** 2.16% **Diagnóstico:** la viscosidad no excede el límite máximo permisible al encontrarse en la zona de precaución. Su descenso se ve afectado por la degradación del lubricante debido a su uso.	

Tabla B.2: Resultados del análisis Toyota Hilux
Fuente: Los Autores

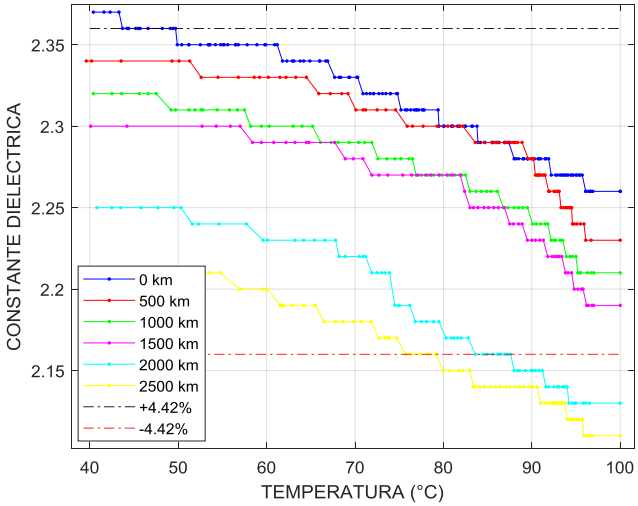
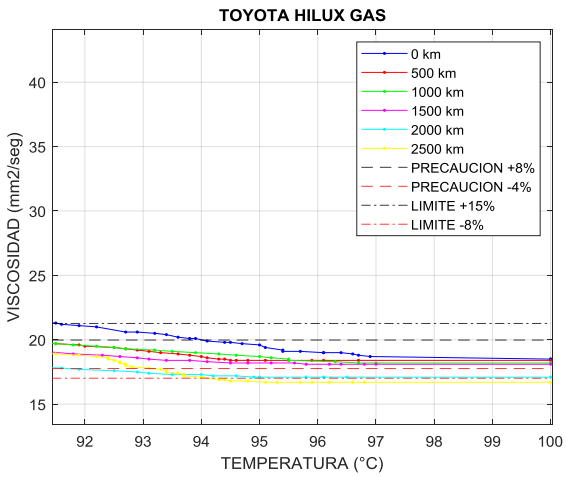
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Toyota **Modelo:** Hilux
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:** 2.11 **Disminución:** 6.6% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica excede los límites de variación máxima, se presume que su descenso se da por contaminación del lubricante.	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 16.7cSt **Disminución:** 9.72% **Diagnóstico:** la viscosidad sobrepasa los límites aceptables. Se deduce que su descenso se da por la contaminación o por la degradación propia del lubricante, pues, son las principales causas	

Tabla B.3: Resultados del análisis Np300
Fuente: Los Autores

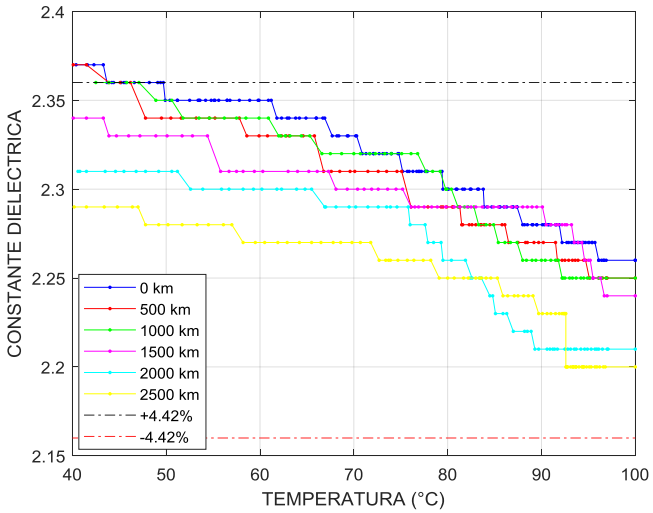
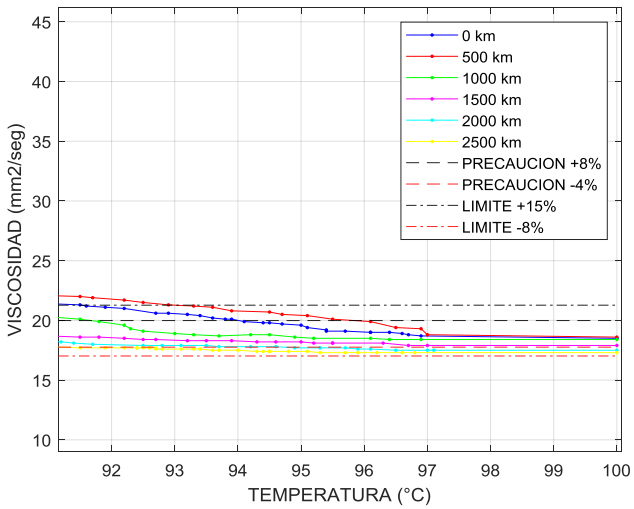
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Nissan **Modelo:** NP300
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:** 2.20 **Disminución:** 2.65% **Diagnóstico:** el valor de la variación de la constante dieléctrica se encuentra dentro de la zona de precaución, la curva nos indica una degradación progresiva, lo cual se torna normal por su uso.	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 17.3cSt **Disminución:** 6.48% **Diagnóstico:** la viscosidad no sobrepasa el límite de variación máxima permisible, manteniéndose así en la zona de precaución.	

Tabla B.4: Resultado del análisis Mazda BT50
Fuente: Los Autores

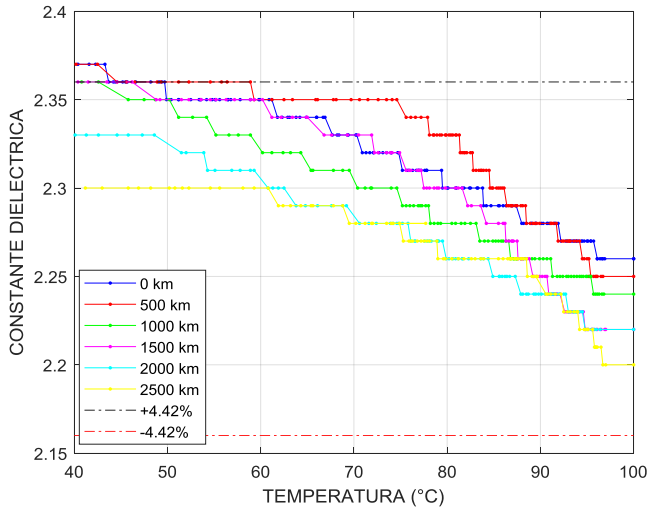
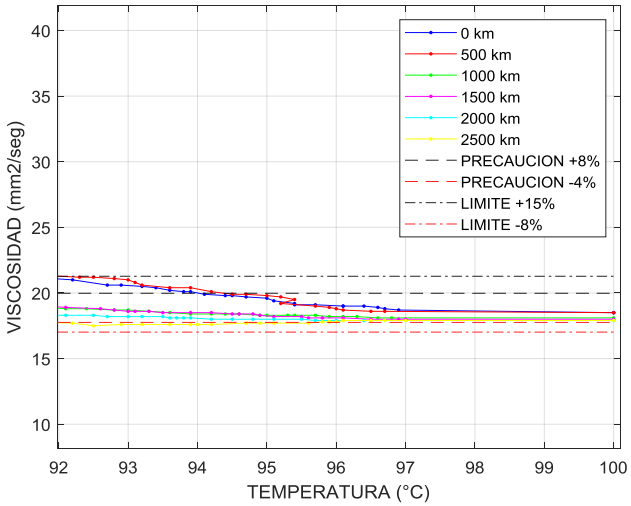
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Mazda **Modelo:** BT50 (Gasolina)
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:**2.2 **Disminución:** 2.65% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica se encuentra dentro de una zona tolerable de variación. Se deduce que esta disminución se genera por la degradación progresiva del lubricante.	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 17.9cSt **Disminución:** 3.24% **Diagnóstico:** la viscosidad no sobrepasa el límite máximo de variación, por lo tanto, se deduce que su disminución se genera por la degradación progresiva del lubricante debido a su uso.	

Tabla B.5: Resultado del análisis SANY 210C
Fuente: Los Autores

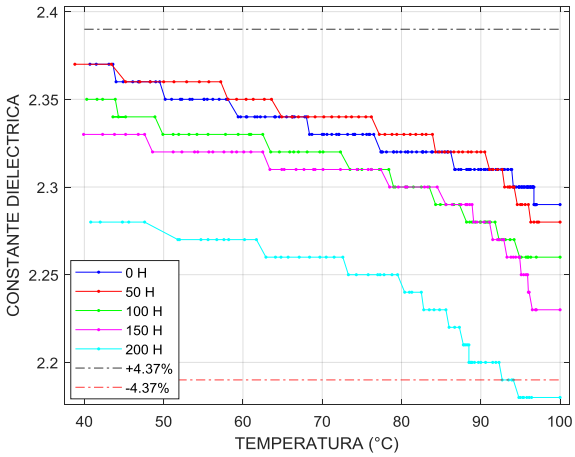
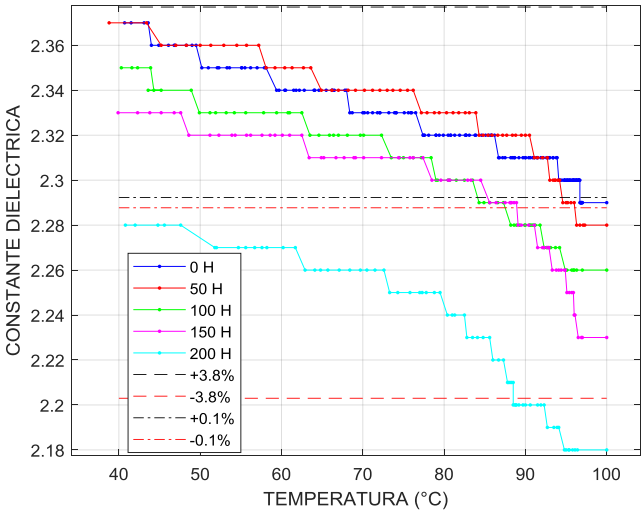
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Sany **Modelo:** 210C
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.29 **Aceite usado @100°C:** 2.18 **Disminución:** 4.8% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica al cumplir con las 200 horas de trabajo excede el límite máximo de variación. Esta disminución se puede dar por la contaminación con combustibles no combustionados que se mezclan con el aceite	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 14.5cSt **Aceite usado @100°C:** 12.1cSt **Disminución:** 16.5% **Diagnóstico:** la viscosidad sobrepasa los límites máximos de variación. Su descenso puede ocasionarse por contaminación con combustibles o deterioro de los aditivos del lubricante. En este punto el aceite ya no está apto para seguir cumpliendo su función.	

Tabla B.6: Resultados del análisis Mazda B2600
Fuente: Los Autores

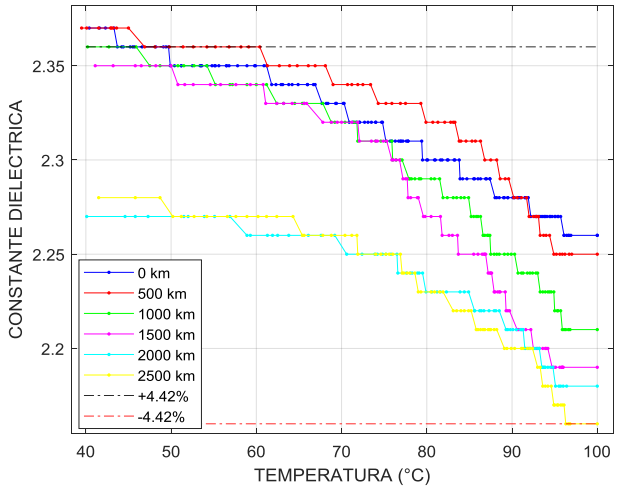
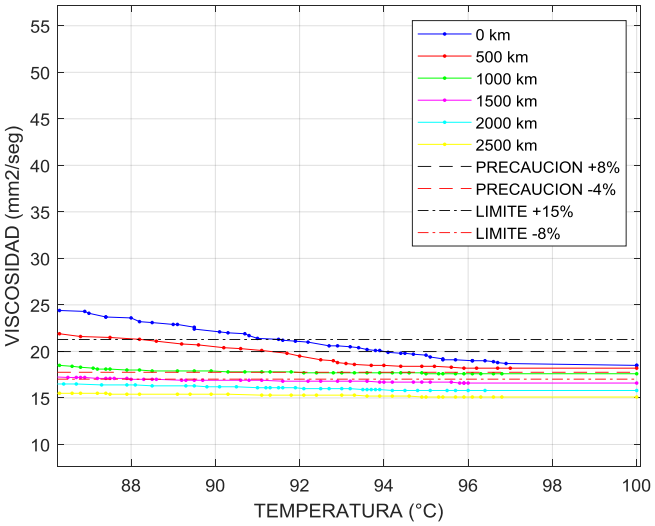
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Mazda **Modelo:** B2600
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:** 2.16 **Disminución:** 4.42% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica al cumplir con el kilometraje especificado sobrepasa el límite máximo de variación, esta disminución en ocasiones se puede dar por la contaminación con combustibles no combustionados que se mezclan con el aceite	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 15.1cSt **Disminución:** 18.3% **Diagnóstico:** la viscosidad sobrepasa los límites máximos permisibles de variación, este parámetro se degradada progresivamente con respecto a su base y ya no está en condiciones para cumplir con las exigencias internas de lubricación en el motor	

Tabla B.7: Resultados del análisis New Holland B110B
Fuente: Los Autores

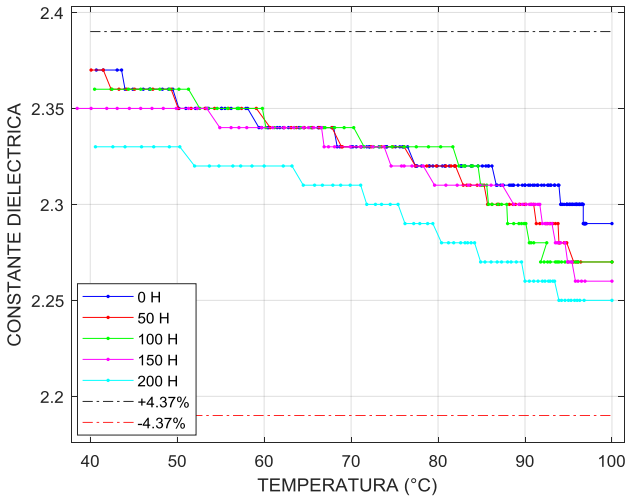
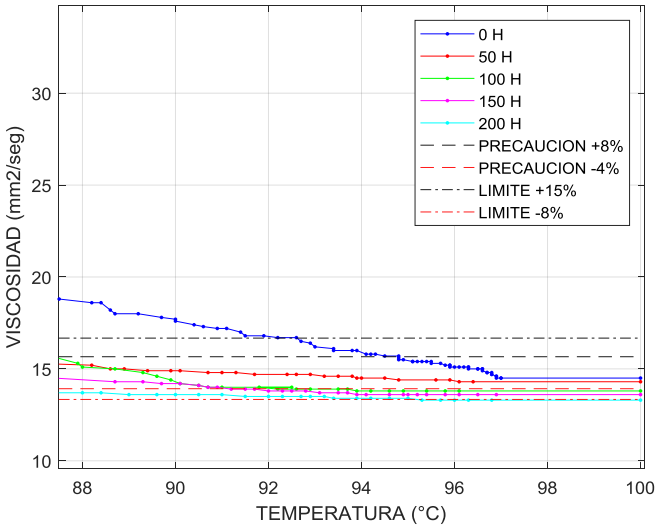
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca: New Holland** **Modelo: B110B**
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:** 2.25 **Disminución:** 1.74% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica se encuentra dentro del límite permisible. Durante este periodo se observa que la constante dieléctrica sufre una variación tolerable, permitiendo que el lubricante siga siendo útil	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 13.3cSt **Disminución:** 8.28% **Diagnóstico:** la viscosidad excede ligeramente el límite máximo permisible de esta forma podemos asumir que el lubricante está siendo usado durante un periodo correcto y se está degradando de forma normal.	

Tabla B.8: Resultado del análisis International 4900
Fuente: Los Autores

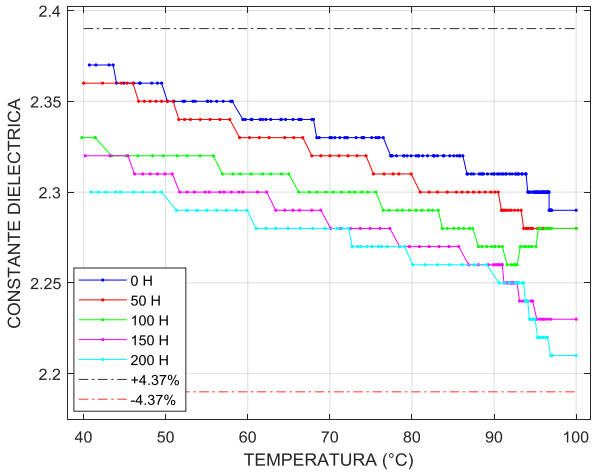
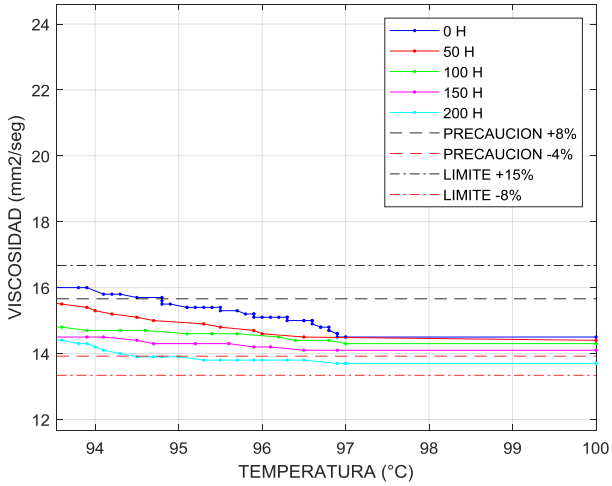
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** International **Modelo:** 4900
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.26 **Aceite usado @100°C:** 2.21 **Disminución:** 2.2**%** **Diagnóstico:** la constante dieléctrica se encuentra dentro del límite permisible. Se deduce que la disminución es normal debido a la degradación, pero al estar dentro del límite sigue manteniendo la propiedad de ser un fluido dieléctrico.	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 18.5cSt **Aceite usado @100°C:** 13.7cSt **Disminución:** 5.51 % **Diagnóstico:** la viscosidad del lubricante se encuentra dentro de la zona de precaución, es decir que este parámetro sigue estando apto para cumplir con las exigencias internas de lubricación en el motor.	

Tabla B.9: Resultados del análisis New Holland RG140B
Fuente: Los Autores

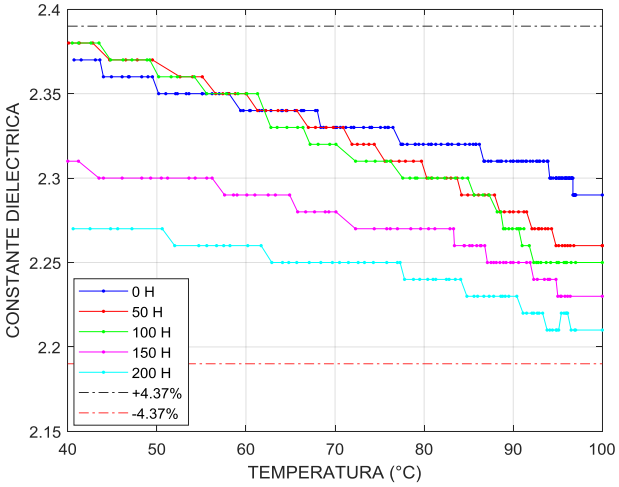
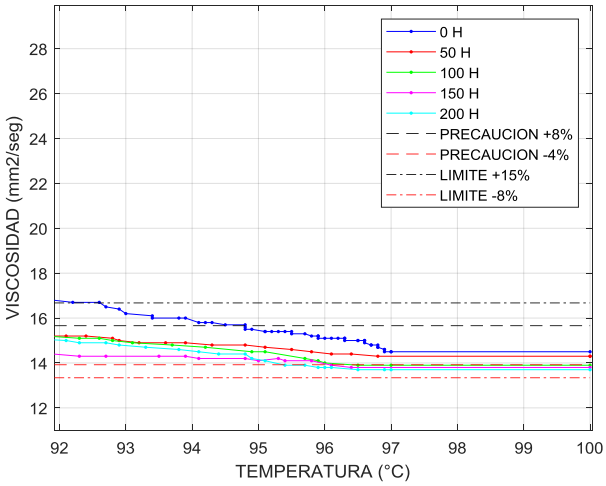
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** New Holland **Modelo:** RG140B
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.29 **Aceite usado @100°C:** 2.21 **Disminución:** 3.49% **Diagnóstico:** El valor de la constante dieléctrica se encuentra dentro del límite permisible, se deduce que el fluido ha tenido un comportamiento normal en cuanto a su degradación.	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 14.5cSt **Aceite usado @100°C:** 13.7cSt **Disminución:** 5.51% **Diagnóstico:** Después de 200 horas de trabajo, la viscosidad se mantiene dentro de los valores aceptables de variación con respecto al aceite base, con ello podemos deducir que el lubricante aún está apto para seguir siendo utilizado por un periodo de tiempo adicional.	

Tabla B.10: Resultados del análisis Mazda BT50D
Fuente: Los Autores

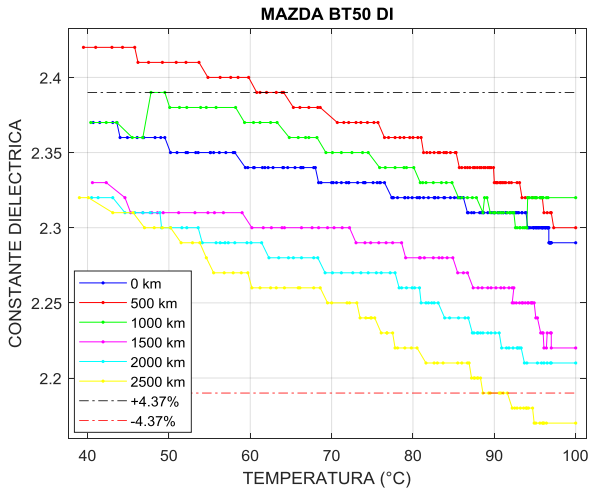
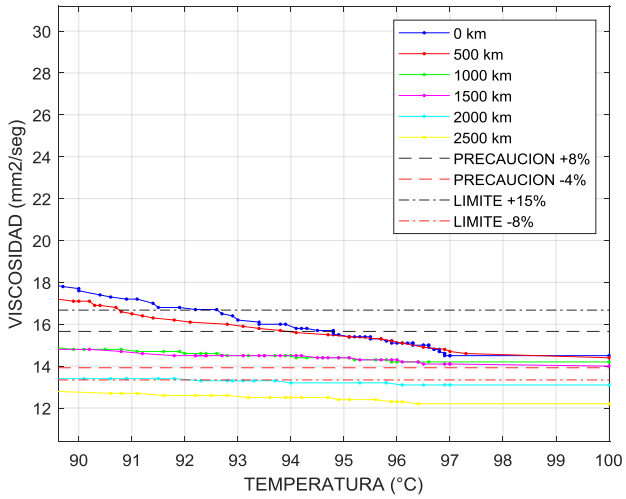
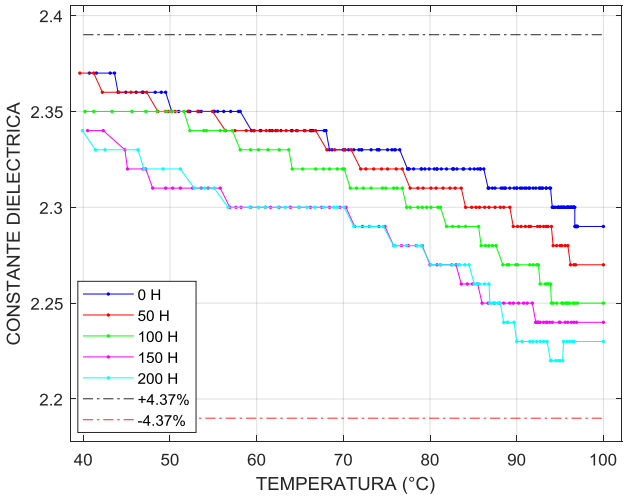
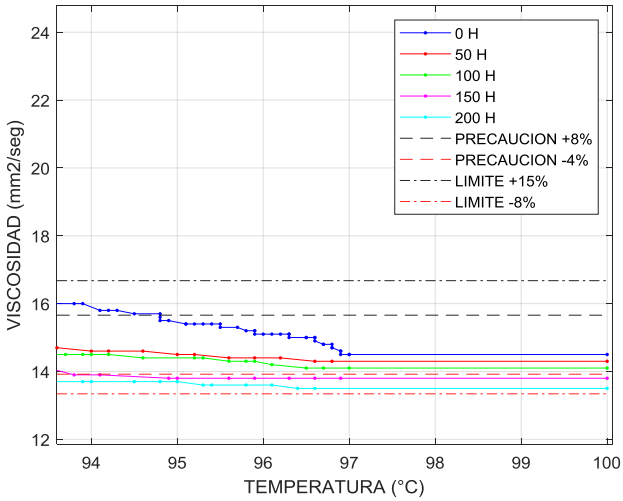
ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** Mazda **Modelo:** BT50 (Diésel)
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.29 **Aceite usado @100°C:** 2.17 **Disminución:** 5.24% **Diagnóstico:** la constante dieléctrica sobrepasa el límite de variación máxima. El descenso puede ser ocasionado por la contaminación con combustible	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 14.5cSt **Aceite usado @100°C:** 12.2cSt **Disminución:** 15.8% **Diagnóstico:** El valor obtenido representa una disminución con respecto al aceite base después de 2500 kilómetros de trabajo, excediendo así el límite permisible. Su descenso puede ser generado por la pérdida de aditivos o por la contaminación del aceite.	

Tabla B.11: Resultados del análisis International 4700DT466
Fuente: Los Autores

ESTADO DEL ACEITE	
Características del vehículo	**Marca:** International **Modelo:** 4700 DT466
Resultado	**Parámetro medido**
Constante dieléctrica **Aceite nuevo @100°C:** 2.29 **Aceite usado @100°C:** 2.23 **Disminución:** 2.62% **Diagnóstico:** La constante dieléctrica se encuentra en la zona de precaución, no excede el límite máximo de esta forma se puede presume que el aceite todavía conserva sus características lubricantes.	
Viscosidad **Aceite nuevo @100°C:** 14.5cSt **Aceite usado @100°C:** 13.5cSt **Disminución:** 6.9% **Diagnóstico:** La viscosidad sobrepasa el límite de precaución pero no obstante sigue dentro del límite permisible y podemos deducir que el aceite está siendo desechado de manera correcta, puesto que, observando la degradación de la viscosidad, se encuentra cerca al límite mínimo permisible.	

ANEXO C

Plan de Mantenimiento: Flota Vehicular

Tabla C.1 Propuesta de mantenimiento Isuzu Trooper
Fuente: Los Autores

Isuzu Trooper Wagon		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 3000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 3000km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 1000km	Inspección de fugas cada 1000km

Tabla C.2 Propuesta de mantenimiento Isuzu Trooper
Fuente: Los Autores

Toyota Hilux		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 2000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 2000km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 500km	Inspección de fugas cada 500km

Tabla C.3: Propuesta de mantenimiento Nissan NP300
Fuente: Los Autores

Nissan NP300		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 3000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 3000km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 1000km	Inspección de fugas cada 1000km

Tabla C.4: Propuesta de mantenimiento Mazda BT50 Gasolina
Fuente: Los Autores

Mazda BT50 (Gasolina)		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 1500km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 1000km	Cambio de aceite y filtro dentro de 3000km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 250km	Inspección de fugas cada 1000km

Tabla C.5: Propuesta de mantenimiento SANY 210C
Fuente: Los Autores

SANY 210C		
Periodo cambio aceite	- 200h (Área de mantenimiento) - 500h (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 150h	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 50h	Cambio de aceite y filtro dentro de 150h
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 50h	Inspección de fugas cada 50h

Tabla C.6: Propuesta de mantenimiento Mazda B2600
Fuente: Los Autores

Mazda B2600		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 1000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 250km	Cambio de aceite y filtro dentro de 1000km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 200km	Inspección de fugas cada 250km

Tabla C.7: Propuesta de mantenimiento New Holland B110B
Fuente: Los Autores

New Holland B110B		
Periodo cambio aceite	- 200h (Área de mantenimiento) - 500h (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 150h	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 50h	Cambio de aceite y filtro dentro de 150h
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 50h	Inspección de fugas cada 50h

Tabla C.8: Propuesta de mantenimiento International 4900
Fuente: Los Autores

International 4900		
Periodo cambio aceite	- 200h (Área de mantenimiento) - 500h (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 250h	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 50h	Cambio de aceite y filtro dentro de 250h
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 50h	Inspección de fugas cada 100h

Tabla C.9: Propuesta de mantenimiento New Holland RG140B
Fuente: Los Autores

New Holland RG140B		
Periodo cambio aceite	- 200h (Área de mantenimiento) - 500h (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 250h	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 50h	Cambio de aceite y filtro dentro de 250h
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 50h	Inspección de fugas cada 100h

Tabla C.10: Propuesta de mantenimiento Mazda BT50(Diésel)
Fuente: Los Autores

Mazda BT50 (Diésel)		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 1500km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 250km	Cambio de aceite y filtro dentro de 1500 km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 250km	Inspección de fugas cada 250km

Tabla C.11: Propuesta de mantenimiento International 4700
Fuente: Los Autores

International 4700		
Periodo cambio aceite	- 200h (Área de mantenimiento) - 500h (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 250h	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 50h	Cambio de aceite y filtro dentro de 250h
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 50h	Inspección de fugas cada 100h

Tabla C.12: Propuesta de mantenimiento Hino GH AMA-0025
Fuente: Los Autores

Hino GH AMA0025

Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 3000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 1500km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 1500km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 250km	Inspección de fugas cada 500 km

Tabla C.13: Propuesta de mantenimiento Hino GH AMA-0012
Fuente: Los Autores

Hino GH AMA0012

Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 3000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 3000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 3000 km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 500km	Inspección de fugas cada 250km

Tabla C.14: Propuesta de mantenimiento Hino GH AMA-0026
Fuente: Los Autores

Hino GH AMA-0026		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 3000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 1000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 200km	Cambio de aceite y filtro dentro de 1000 km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 250km	Inspección de fugas cada 200km

Tabla C.15: Propuesta de mantenimiento Nissan Xtrail
Fuente: Los Autores

Nissan Xtrail		
Periodo cambio aceite	- 2500km (Área de mantenimiento) - 5000km (Fabricante del vehículo)	
Mantenimiento preventivo (sugerido)	Cambio de aceite y filtro cada 2000km	
Mantenimiento predictivo	Control de estado y nivel de aceite cada 500km	Cambio de aceite y filtro dentro de 2000 km
Mantenimiento proactivo	Muestreo de aceite cada 500km	Inspección de fugas cada 500km