



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

ESTUDIO DEL LUBRICANTE PARA MOTORES DIÉSEL 6 CILINDROS EN LÍNEA TURBOALIMENTADOS BASADO EN ANÁLISIS DEL ACEITE EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

WILMER ANDRÉS ALLAUCA GUALOTO

ALEX ISRAEL CARRILLO VALLEJO

Riobamba-Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**ESTUDIO DEL LUBRICANTE PARA MOTORES DIÉSEL 6
CILINDROS EN LÍNEA TURBOALIMENTADOS BASADO EN
ANÁLISIS DEL ACEITE EN DIFERENTES CONDICIONES
GEOGRÁFICAS**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: WILMER ANDRÉS ALLAUCA GUALOTO

ALEX ISRAEL CARRILLO VALLEJO

DIRECTOR: Ing. JOHNNY MARCELO PANCHÁ RAMOS

Riobamba-Ecuador

2021

©2021, Wilmer Andrés Allauca Gualoto; Alex Israel Carrillo Vallejo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, WILMER ANDRÉS ALLAUCA GUALOTO y ALEX ISRAEL CARRILLO VALLEJO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

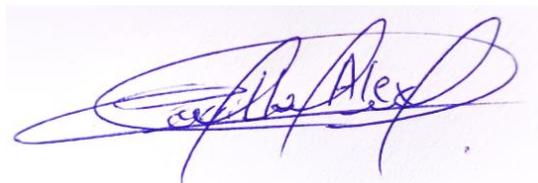
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de septiembre del 2021



Wilmer Andrés Allauca Gualoto

060424527-4



Alex Israel Carrillo Vallejo

060418024-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA DE MECANICA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO DEL LUBRICANTE PARA MOTORES DIÉSEL 6 CILINDROS EN LÍNEA TURBOALIMENTADOS BASADO EN ANÁLISIS DEL ACEITE EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS**, realizado por los señores: **WILMER ANDRÉS ALLAUCA GUALOTO, ALEX ISRAEL CARRILLO VALLEJO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-09-13
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION	_____	2021-09-13
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	2021-09-13

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres, por su trabajo y sacrificio, por criarme con grandes valores, por su amor incondicional y por el apoyo que me han brindado siempre, también se lo dedico a mis hermanos para quienes intento ser un gran ejemplo, para mi abuelita por confiar y velar por mis sueños.

A mi familia que ha sido un pilar fundamental en mi crecimiento tanto como persona, y como profesional, aportando con el ejemplo y consejos, también a mis familiares que no se encuentran en este plano astral, quienes han sido mi luz de guía.

A mis amigos y mi novia que me acompañaron durante esta etapa, brindándome su apoyo y palabras de aliento que me ayudaron a superar cualquier obstáculo y a su vez me fortalecieron.

WILMER

Dedico todo mi esfuerzo y trabajo a mis padres por haberme formado con valores y determinación para ser el hombre que soy en la actualidad. Todas mis metas y logros alcanzados se los debo a ustedes entre los que se incluye este trabajo de tesis para culminar mi formación profesional. Por eso agradezco a Dios por haberme otorgado la dicha de ser su hijo.

Gracias Oswaldito y Silvita.

ALEX

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la carrera de Ingeniería Automotriz por formarme como profesional, también al cuerpo de docentes de la carrera por compartir sus conocimientos y experiencias, de manera especial al Ingeniero Johnny Pancha nuestro director, quien ha sido el guía del presente proyecto de investigación.

Un especial agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al desarrollo de este trabajo de titulación, desde los dueños de los vehículos hasta el personal del laboratorio SOS de Caterpillar, quienes nos han brindado las herramientas necesarias para que este trabajo se realice con éxito.

Y un profundo agradecimiento a mis padres, familiares, amigos, y mi novia quienes, a más de ser un pilar fundamental de este sueño, hicieron lo posible para que este documento se realice.

WILMER

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ser mi alma mater, particularmente a la carrera de Ingeniería Automotriz por facilitarme todos los elementos necesarios para mi formación académica y práctica durante mi estancia en ella. De igual modo agradezco al ingeniero Johnny Marcelo Pancha Ramos por su invaluable guía y apoyo profesional durante la realización de este proyecto y de mi formación como estudiante. Finalmente, a mis padres por el respaldo y comprensión brindada a lo largo de toda mi vida.

ALEX

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Problema.....	5
1.5 Estado del arte.....	5
1.6 Contaminación por aceites lubricantes.....	18
1.7 Impacto Ambiental en el Ecosistema por el aceite usado.....	19
1.7.1 <i>Agua</i>	20
1.7.2 <i>Aire</i>	20
1.8 Normativas Ambientales.....	20
1.8.1 <i>Reglamento para la prevención y control de la contaminación.</i>	20
1.9 Aceites lubricantes.....	21
1.9.1 <i>Función del Aceite lubricante</i>	21
1.9.2 <i>Manufactura y composición del aceite lubricante</i>	22
1.9.3 <i>Propiedades del aceite lubricante</i>	22
1.9.3.1 <i>Color y fluorescencia</i>	22
1.9.3.2 <i>Viscosidad</i>	23
1.9.3.3 <i>Untuosidad</i>	23
1.9.3.4 <i>Punto de Inflamación</i>	23

1.9.3.5	<i>Punto de Combustión</i>	23
1.9.3.6	<i>Punto de Congelación</i>	24
1.9.3.7	<i>Acidez</i>	24
1.9.3.8	<i>Demulsibilidad</i>	24
1.9.3.9	<i>Densidad</i>	25
1.10	Clasificación de los aceites lubricantes según la Norma INEN 2030:2011	25
1.11	Análisis de aceites	28
1.11.1	<i>Inductividad Acoplada Plasma (ICP)</i>	29
1.11.2	<i>Infrarrojo Transformada de Fourier (FTIR)</i>	29
1.11.3	<i>Viscosímetro Automático</i>	29
1.11.4	<i>Prueba Anticongelante</i>	29
1.11.5	<i>Contaminación de Agua</i>	29
1.11.6	<i>Contador de Partículas</i>	29
1.11.7	<i>Cromatógrafo de Gases</i>	30

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	31
2.1	Metodología	31
2.2	Descripción de los motores (automotores)	32
2.3	Descripción de las rutas	32
2.3.1	<i>Ruta Riobamba-Quito</i>	33
2.3.2	<i>Ruta Riobamba-Guayaquil</i>	34
2.3.3	<i>Ruta El Carmen-Santo Domingo</i>	36
2.3.4	<i>Ruta El Carmen-Pedernales</i>	37
2.4	Cambio de aceite	39
2.5	Muestreo	39
2.5.1	<i>Control de muestreo</i>	39
2.5.2	<i>Herramientas para muestreo</i>	41
2.5.2.1	<i>Envase</i>	41
2.5.2.2	<i>Ficha de datos de muestreo</i>	42
2.5.2.3	<i>Bomba de vacío fabricada</i>	42
2.5.2.4	<i>Vestimenta</i>	44
2.5.2.4	<i>Bomba de vacío 1U-5718</i>	45

2.5.3	<i>Técnica de muestreo</i>	45
2.6	Control de ruta	50
2.7	Variables de estudio	53

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
3.1	Resultados de Viscosidad V100	57
3.2	Resultados de Hollín ST	58
3.3	Resultados de Oxidación OXI	60
3.4	Resultados de Nitratación NIT	62
3.5	Resultados de Sulfatación SUL	64
3.6	Resultados de Calcio Ca	65
3.7	Resultados de Magnesio Mg	67
3.8	Resultados de Zinc Zn	69
3.9	Resultados de Fósforo P	71
3.10	Discusión de resultados	72
3.10.1	<i>Discusión de resultados de Viscosidad</i>	73
3.10.2	<i>Discusión de resultados de Hollín</i>	75
3.10.3	<i>Discusión de resultados de Oxidación</i>	77
3.10.4	<i>Discusión de resultados de Nitratación</i>	79
3.10.5	<i>Discusión de resultados de Sulfatación</i>	80
3.10.6	<i>Discusión de resultados del Calcio</i>	82
3.10.7	<i>Discusión de resultados de Magnesio</i>	83
3.10.8	<i>Discusión de resultados de Zinc</i>	85
3.10.9	<i>Discusión de resultados de Fósforo</i>	87

	CONCLUSIONES	89
--	--------------------	----

	RECOMENDACIONES	91
--	-----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación de los aceites lubricantes monógrados, para motor por su viscosidad (basada en norma SAE J300)	25
Tabla 2-1: Clasificación de los aceites multigrados para motor, por su viscosidad	26
Tabla 3-1: Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de diésel	27
Tabla 4-1: Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de Otto	28
Tabla 1-2: Características técnicas del motor	32
Tabla 2-2: Kilometrajes para referencia 0	39
Tabla 3-2: Control de la muestra 1	40
Tabla 4-2: Control de la muestra 2	40
Tabla 5-2: Control de la muestra 3	40
Tabla 6-2: Control de la muestra 4	41
Tabla 7-2: Control de ruta unidad 18	50
Tabla 8-2: Clasificación de las variables	53
Tabla 9-2: Factores y niveles de las variables	54
Tabla 1-3: Viscosidad en función del kilometraje	57
Tabla 2-3: Hollín en función del kilometraje	59
Tabla 3-3: Oxidación en función del kilometraje	60
Tabla 4-3: Nitratación en función del kilometraje	62
Tabla 5-3: Sulfatación en función del kilometraje	64
Tabla 6-3: Calcio en función del kilometraje	66
Tabla 7-3: Magnesio en función del kilometraje	67
Tabla 8-3: Zinc en función del kilometraje	69
Tabla 9-3: Fósforo en función del kilometraje	71
Tabla 10-3: Método	73
Tabla 11-3: Información del factor	73
Tabla 12-3: ANOVA V100	73
Tabla 13-3: LSD V100	74
Tabla 14-3: ANOVA ST	75
Tabla 15-3: LSD ST	76
Tabla 16-3: ANOVA OXI	77

Tabla 17-3: LSD OXI	78
Tabla 18-3: ANOVA NIT	79
Tabla 19-3: LSD NIT	79
Tabla 20-3: ANOVA SUL	80
Tabla 21-3: LSD SUL	81
Tabla 22-3: ANOVA Ca	82
Tabla 23-3: LSD Ca	83
Tabla 24-3: ANOVA Mg	84
Tabla 25-3: LSD Mg	84
Tabla 26-3: ANOVA Zn	85
Tabla 27-3: LSD Zn	86
Tabla 28-3: ANOVA P	87
Tabla 29-3: LSD P	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Propiedades físico-químico	7
Figura 2-1: Contaminación del aceite y sus posibles problemas en el motor	19
Figura 1-2: Metodología a utilizar	31
Figura 2-2: Ruta Riobamba-Quito	33
Figura 3-2: Geografía de la ruta Riobamba-Quito.....	34
Figura 4-2: Ruta Riobamba-Guayaquil.....	35
Figura 5-2: Geografía de la ruta Riobamba-Guayaquil	36
Figura 6-2: Ruta El Carmen-Santo Domingo	36
Figura 7-2: Geografía de la ruta El Carmen-Santo Domingo	37
Figura 8-2: Ruta El Carmen-Pedernales.....	38
Figura 9-2: Geografía de la ruta El Carmen-Pedernales.....	38
Figura 10-2: Envase para muestra de aceite.....	41
Figura 11-2: Ficha de muestreo	42
Figura 12-2: Materiales para elaborar bomba de vacío	44
Figura 13-2: Bomba de vacío casera después de la toma	44
Figura 14-2: Bomba de vacío 1U-5718 de CAT	45
Figura 15-2: Manguera introducida en la bomba de vacío	46
Figura 16-2: Manguera sobresaliendo 2 cm.....	47
Figura 17-2: Botella enroscada en bomba de vacío.....	47
Figura 18-2: Manguera introducida a través de la varilla indicadora de nivel.....	48
Figura 19-2: Bombeo para extracción de la muestra.....	49
Figura 20-2: Muestra obtenida.....	49
Figura 1-3: Ficha de resultados.....	55
Figura 2-3: Resultado de control de laboratorio.....	56
Figura 3-3: Resultado de elementos de desgaste.....	56
Figura 4-3: Resultado de condición de aceite.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Gráfica de Pareto	6
Gráfico 2-1: Valores obtenidos de viscosidad y basicidad	7
Gráfico 3-1: Valores de dilución y hollín	8
Gráfico 4-1: Valores de metales	9
Gráfico 5-1: Valores de viscosidad	10
Gráfico 6-1: Valores de aditivos	10
Gráfico 7-1: Contaminación por sílice	11
Gráfico 8-1: Contaminación general	11
Gráfico 9-1: Contaminación por combustible	12
Gráfico 10-1: Metales de desgaste	12
Gráfico 11-1: Metales de desgaste vs kilometraje	13
Gráfico 12-1: Metales de desgaste vs kilometraje	14
Gráfico 13-1: Metales de desgaste vs kilometraje	14
Gráfico 14-1: Aditivos vs kilometraje	15
Gráfico 15-1: Contaminación vs kilometraje	16
Gráfico 16-1: Oxidación, nitratación, sulfatación vs kilometraje	17
Gráfico 17-1: Viscosidad y TBN vs kilometraje	17
Gráfico 1-3: Diagrama de barras de la viscosidad	57
Gráfico 2-3: Gráfico de dispersión de la viscosidad	58
Gráfico 3-3: Diagrama de barras del hollín	59
Gráfico 4-3: Gráfico de dispersión del hollín	60
Gráfica 5-3: Diagrama de barras de la oxidación	61
Gráfico 6-3: Gráfico de dispersión de la oxidación	61
Gráfico 7-3: Diagrama de barras de la nitratación	63
Gráfico 8-3: Gráfico de dispersión de la nitratación	63
Gráfico 9-3: Diagrama de barras de la sulfatación	64
Gráfico 10-3: Gráfico de dispersión de la sulfatación	65
Gráfico 11-3: Diagrama de barras del Calcio	66
Gráfico 12-3: Gráfico de dispersión del Calcio	67

Gráfico 13-3: Diagrama de barras del Magnesio	68
Gráfico 14-3: Gráfico de dispersión del Magnesio	69
Gráfico 15-3: Diagrama de barras del Zinc	70
Gráfico 16-3: Gráfico de dispersión del Zinc	70
Gráfico 17-3: Diagrama de barras del Fósforo	71
Gráfico 18-3: Gráfico de dispersión del Fósforo	72
Gráfico 19-3: Gráfico de caja de V100	75
Gráfico 20-3: Gráfico de caja de ST.....	77
Gráfico 21-3: Gráfico de caja de OXI	78
Gráfico 22-3: Gráfico de caja de NIT.....	80
Gráfico 23-3: Gráfico de caja de SUL.....	81
Gráfico 24-3: Gráfico de caja de Ca.....	83
Gráfico 25-3: Gráfico de caja de Mg.....	85
Gráfico 26-3: Gráfico de caja de Zn.....	86
Gráfico 27-3: Gráfico de caja de P	88

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Resultados del laboratorio aceite nuevo

ANEXO B: Resultados del laboratorio unidad 18

ANEXO C: Resultados del laboratorio unidad 4

ANEXO D: Resultados del laboratorio unidad 6

ANEXO E: Tabla de control de ruta de la unidad 6

ANEXO F: Tabla de control de ruta de la unidad 4

RESUMEN

El propósito de la investigación fue identificar la diferencia en la vida útil del aceite lubricante utilizado en motores diésel, debido a las diferentes condiciones geográficas y atmosféricas que presenta el país. Para lo cual se utilizaron tres vehículos con motores diésel Unidad 18, Unidad 4, Unidad 6, los cuales operan en distintos puntos geográficos del Ecuador. Se realizó un muestreo a 0 Km, 3000 Km, 6000 Km y 8500 Km de recorrido, dicho muestreo fue mediante una bomba de vacío 1U-5718 y un envase plástico esterilizado, a todas las muestras se les realizó ensayo de análisis de aceite en un laboratorio especializado donde se obtuvieron resultados de condición de aceite como viscosidad, hollín y sulfatación, además de datos del paquete de aditivos como calcio, fósforo y datos de desgaste. Mediante software estadístico EXCEL y MINITAB 19 se obtuvo como resultados que el lubricante de la unidad 18 presenta diferencias significativas a comparación de las unidades 4 y 6, mostrando un 2.09% de diferencia en la viscosidad y un 41.67% en el hollín, por otra parte, la sulfatación no presenta cambios debido a que el combustible empleado en los tres automotores es el mismo. Se concluye que existe una diferencia en el desgaste del aceite lubricante por las diferencias geográficas en las que trabajaron los motores por la cantidad de oxígeno y por el grado de inclinación de pendientes en las rutas. Se recomienda ampliar el número de muestras para obtener un mayor número de datos, de esta forma los análisis estadísticos serán más eficaces.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <ESTUDIO DE LUBRICANTE>, <MOTORES DIÉSEL>, <ANÁLISIS DE ACEITE>, <MINITAB 19 (SOFTWARE)>.



Firmado electrónicamente por:

HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA

2209-DBRA-UPT-2021

2021-12-06

ABSTRACT

The purpose of the research was to identify the difference in the useful life of the lubricating oil used in diesel engines, due to the different geographical and atmospheric conditions that the country presents. For which three vehicles with diesel engines were used, Unit 18, Unit 4, Unit 6, which operate in different geographical locations in Ecuador. Sampling was carried out at 0 km, 3000 km, 6000 km and 8500 km of travel, said sampling was by means of a vacuum pump 1U- 5718 and a sterilized plastic container, all samples were tested for oil analysis in a specialized laboratory where oil condition results such as viscosity, soot and sulphation were obtained, as well as data from the additive package such as calcium, phosphorus and wear data. Using statistical software EXCEL and MINITAB 19, the results were obtained that the lubricant of unit 18 presents significant differences compared to units 4 and 6, showing a 2.09% difference in viscosity and 41.67% in soot, on the other hand, the sulfation does not present changes because the fuel used in the three cars is the same. It is concluded that there is a difference in the wear of the lubricating oil due to the geographical differences in which the engines worked due to the amount of oxygen and the degree of inclination of slopes on the routes. It is recommended to expand the number of samples to obtain a greater number of data, in this way the statistical analyzes will be more efficient.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <LUBRICANT STUDY>, <DIESEL ENGINES>, <OIL ANALYSIS>, <MINITAB 19 (SOFTWARE)>.

LUIS
FRANCISCO
MANTILLA
CABRERA

Firmado
digitalmente por
LUIS FRANCISCO
MANTILLA
CABRERA
Fecha: 2021.12.14
08:48:29 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Las fábricas de lubricantes a lo largo del tiempo han desarrollado cierto tipo de marcas con distintas características para el mercado consumista, en el cual se especifica una determinada cantidad de recorrido (kilometraje), en donde, aseguran que el aceite va a cumplir con todos los requisitos de ser un lubricante que protegerá al motor. La mayor parte de estudios del aceite lo realizan para vehículos pequeños. Esta investigación es específica para vehículos pesados quienes cumplen un ciclo de trabajo superior de los vehículos convencionales, por lo tanto, las fábricas han optado por elaborar aceites que rinden un porcentaje considerable de recorrido y nuestro estudio es verificar que esos aceites cumplan con lo ofrecido por el fabricante tomando en cuenta también la condición geográfica en donde trabajan los motores.

El aceite lubricante usado, se genera en grandes cantidades debido al exorbitante número de motores que existe en el país, originando de esta manera contaminación por varios factores como derrames accidentales en el suelo, incumplimiento de las normas o por la falta de capacitaciones del manejo de residuos. Para evitar la excesiva cantidad de aceite residual pretendemos mediante su análisis verificar que su vida útil no varíe según las zonas geográficas de lugar de trabajo que se está desarrollando y que lo estipulado por el fabricante se cumpla en su totalidad.

Las tomas de muestras del aceite deben ser en condiciones de trabajo adecuadas y con instrumentos específicos eliminando la manipulación con la mano humana, esto ya que cualquier sustancia exterior del propio aceite podrá alterar el análisis del mismo y puede poner en duda toda la investigación.

El análisis de aceite será el mejor método para determinar las diferentes etapas de utilidad del aceite lubricante ya que mediante distintas tomas de muestras a varios kilometrajes en los motores a prueba nos darán datos relevantes que nos ayudarán con la identificación de variaciones en los componentes internos del aceite con los cuales se puede deducir si el mismo puede seguirse llamando útil o no.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Justificación

El aceite lubricante usado (ALU), es considerado un residuo peligroso por ser tóxico e inflamable, a lo largo de su vida útil dentro del motor este se ve contaminado por partículas metálicas al igual que por gases provenientes de combustiones incompletas, produciendo un cambio en sus propiedades y por ende para el correcto funcionamiento de los motores, este deber ser cambiado a cierto kilometraje, por ello resulta ser un contaminante abrupto para el medio ambiente, ya que puede contaminar el agua, la tierra y el aire por su propiedad de baja biodegradación, Luis Barrera y Francisco Velecela en su publicación señalan “un litro de aceite puede contaminar mil litros de agua” (Barrera y Velecela, 2015, p.23)

A nivel mundial el consumo de aceite lubricante se lo mide por millones de toneladas, con un aproximado de 40, el mayor aporte a esta cifra lo realizan los países desarrollados, (Barrera y Velecela, 2015, p.18) señala “En países desarrollados como Estados Unidos de Norteamérica se consume un total de 7,6 millones de toneladas de lubricante al año, en Japón 2,2 millones de toneladas, en la Unión Europea 4,7 millones de toneladas”. En el país se consume 31 millones de galones de aceite al año, así lo señaló el ministro del ambiente Marcelo Mata, el 16 de mayo de 2019 (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020); todo este aceite al terminar su vida útil terminará siendo aceite lubricante usado (ALU).

Sumado a esto, en Ecuador en el año 2019 se registraron 2 403 651 vehículos matriculados (INEN, 2019). En la ciudad de Quito los buses que sirven para servicio de transporte público suman 2840 unidades (Sistema Metropolitano de Transporte Público de Pasajeros, 2017). Si escalamos estos datos a nivel nacional, se evidencia que existe un gran número de vehículos pesados destinados a la actividad del transporte.

Si bien el cambio de aceite se realiza al kilometraje que el fabricante del aceite lubricante propone, cuando se trata de automotores que son destinados al servicio de transporte, esto no se cumple, ya que por la falta de conocimiento o por dichos populares se lo realiza de forma prematura con tal de proteger y cuidar su medio de trabajo, así en experiencia propia dentro de la línea de buses que cumple

rutas interprovinciales, un aceite sintético destinado a los 10 000 km es reemplazado a los 7 000 km u 8 000km ya que el aceite que se usa en motores diésel, al momento del cambio resulta de un tono negro el cual alarma al dueño de la unidad, este resulta ser el principal motivo del cambio prematuro, sin tener garantía de que el aceite lubricante haya cumplido su vida útil, ya que consideran que cumplir el kilometraje establecido por el fabricante produciría daños, entrando así en reparaciones y perjudicando su economía.

La incertidumbre de la durabilidad del aceite lubricante, es otro factor que obliga el cambio de este fluido a pesar que, en el país, la norma INEN 2030:2011 en la cual se especifica la norma técnica para productos derivados de petróleo, aceites lubricantes para motores de combustión interna de ciclo diésel, la cual establece los requisitos que deben cumplir los aceites lubricantes para motores diésel, esta norma no asegura que estos cumplan la vida útil que propone el fabricante, además, los estudios acerca del rendimiento del lubricante son escasos.

El sistema de lubricación es de vital importancia en los motores de combustión interna, ya que este evita fricción entre piezas metálicas y su prematuro desgaste, pero a su vez contribuye a las pérdidas dentro del motor ya sean estas por bombeo o fricción, así Amaya Igartua en su publicación señala “Se calcula que el 30% del consumo mundial de energía se desperdicia en forma de calor debido a la fricción” (Igartua, 2015, p.24). Si bien cambiar de lubricante a tiempo previene el sobre calentamiento y desgaste anormal de las partes móviles del motor, el análisis del aceite lubricante usado (ALU) también resulta importante ya que con ello se puede diagnosticar el excesivo desgaste del lubricante, más aún cuando un motor trabaja en distancias condiciones geográficas que presenta el país.

Con esta investigación se pretende evitar daños catastróficos en motores de combustión interna ciclo diésel de 4 tiempos, 6 cilindros en línea con 7684 cm³ turbo cargado, el cual usa aceite Chevron 15W40 y conocer si el lubricante funciona en óptimas condiciones hasta los 10000 kilómetros de uso como lo indica su fabricante, o a su vez deducir el kilometraje en donde el aceite pierde prestaciones de trabajo y abre la puerta de fallas, con un buen seguimiento del lubricante como monitoreo y un análisis de partículas extrañas a la composición química del lubricante, basado en análisis de aceite, con esto se logrará detectar con tiempo algún desgaste de las partes fijas o móviles del motor, ya que este análisis contará con diferentes muestras de aceite en varios kilometrajes pero en diferentes zonas geográficas de funcionamiento

Al analizar la tecnología actual de control y mantenimiento de equipos, se puede verificar la efectividad del nuevo método de mantenimiento preventivo estrictamente aplicable al aceite de motor. El método denominado SACODE analiza la salud, la contaminación y el desgaste de los productos petrolíferos basándose en líneas de tendencia obtenidas del análisis regular y continuo de muestras de aceite. (Maldonado, 2010, pp-96-97)

Es necesario mencionar que, dicho análisis de aceite será realizado de manera específica para cada motor, ya que los resultados de dicho análisis solo tienen aplicación para la unidad de la que provienen; y cada muestra pretende ser tomada a una cantidad definida de kilometraje expuesto a trabajo. (Maldonado, 2010, pp-XIX-XX)

Los motores son un gran invento, pero hay que señalar que también provocan degradación ambiental, sobre todo porque los residuos que producen se descargan fácilmente al medio ambiente, y una vez alcanzada su vida útil, muchos de sus elementos no se pueden reutilizar. Lo que provocó directa o indirectamente que este planeta se convirtiera en un basurero a corto o largo plazo. Es por ello que, con el presente proyecto se buscará cuidar que los períodos de vida útil de los equipos, y más que nada de los elementos internos sean maximizados mediante la correcta lubricación del mismo. Al maximizar la vida útil del equipo y sus partes, no solo se puede reducir el impacto ambiental actual, sino que también se puede formular un plan de mantenimiento más efectivo para reducir los costos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Identificar si existe diferencia en la vida útil del aceite lubricante de motor, debido a las distintas condiciones geográficas del país, basado en su análisis, para sugerirse una modificación en el kilometraje del cambio de aceite.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Interpretar los resultados obtenidos mediante los ensayos de análisis de aceite procedentes del laboratorio para su tabulación.

- Realizar el muestreo de tres vehículos operativos en diferentes puntos geográficos a los 3 000 km, 6 000 km y 8 500 km, siguiendo la técnica de muestreo proporcionada por el laboratorio.
- Recopilar información en bibliotecas virtuales, artículos científicos, manuales de taller y normas técnicas para profundizar sobre tribología y el análisis de aceites.

1.3 Hipótesis

El aceite lubricante usado en motores diésel de cuatro tiempos, 6 cilindros en línea turboalimentado, SAE 15W40 sufre un desgaste distinto cuando el motor trabaja en diferentes condiciones atmosféricas y geográficas, si bien la sierra ecuatoriana en la mayoría de su geografía presenta montañas las cuales se traducen en un mayor esfuerzo para el motor y menor cantidad de oxígeno y en la parte de la costa del país, las condiciones de mayor temperatura y humedad.

1.4 Problema

En nuestro país existen gran variedad de aceites que se comercializan estableciendo cambios de estos después de un prolongado recorrido en cuanto al kilometraje considerando una prolongada protección de los elementos internos y confiabilidad en cuanto al desempeño de este lubricante durante todo el funcionamiento del motor hasta el próximo cambio de aceite. En la búsqueda de aseverar que este aceite de prolongado recambio en función del kilometraje y considerando las condiciones de funcionamiento del motor diésel y la situación geográfica de nuestro país se busca demostrar mediante ensayos y análisis de aceite si este lubricante cumple con las características planteadas comercialmente.

1.5 Estado del arte

El análisis de aceite resulta ser una herramienta útil al momento de idear planes de mantenimiento, James Galarza en su publicación para titulación denominada “plan de mantenimiento basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de la excavadora Caterpillar 390FM de Stracin GYM-Cajamarca”, indica que la disponibilidad de la maquinaria mejora de 89.66% a 92%, evidenciándose una mejora del 2.34%, esto se logra gracias a una metodología a través de una estrategia proactiva, basada en las alarmas absolutas y estadísticas para lo cual analizan el aceite usado de la máquina (Galarza, 2017, p.95). Como se evidencia en la investigación antes mencionada, el análisis de aceite es sumamente útil en el mantenimiento.

Según el trabajo de titulación de Luis León, al aplicar una estrategia proactiva y mediante una *gráfica de Pareto*, determina que el motor tiene más incidencia de fallas con un 33.44%, el valor se lo observa en el gráfico 1-1, dicha publicación se denomina “mantenimiento proactivo basado en el análisis y monitoreo de aceite lubricante aplicado a la flota de tracto camiones FREIGHTLINER” (León, 2017, p.74).

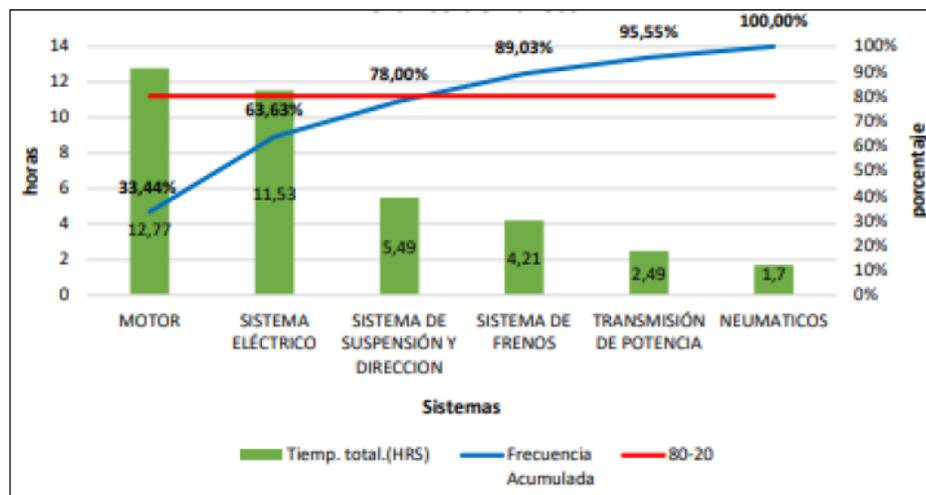


Gráfico 1-1. Gráfica de Pareto

Fuente: (León, 2017)

Con lo antes expuesto, el análisis de aceite resulta un método eficiente para el mantenimiento de motores de combustión interna, además con los resultados proporcionados por el laboratorio, se puede evaluar el comportamiento del motor a través del monitoreo de las propiedades físico – químicas y contaminación del lubricante, en función del tiempo de funcionamiento del motor, esto servirá para la toma de decisiones respecto al mantenimiento del mismo, este fue el objetivo planteado por el investigador Francisco Saldivia en su publicación denominada “aplicación de mantenimiento predictivo. Caso de estudio: Análisis de aceite usado en un motor de combustión interna” (Saldivia, 2013, p.1).

Según Saldivia “El análisis y monitoreo del aceite lubricante brinda mayor confiabilidad acerca del estado real en que se encuentra el motor, previene fallas y paradas no planificadas” (Saldivia, 2013, p.1). En su investigación utiliza un motor Isuzu modelo 4BDI de 4 cilindros en línea, con relación de compresión 17.5:1 y cilindrada de 3.856 L, el aceite que se empleó en el motor es de la marca Venoco SAE 15W40, con calidad CL-4 de base mineral, en la figura 1-1 se observan las propiedades físico-químico del aceite lubricante.

Grado SAE	15W40	Indice de viscosidad	142
Gravedad específica a 15°C	0.882	T.B.N., mg KOH/gr	12
Viscosidad a 40°C, cSt	104	Punto de inflamación, °C	220
Viscosidad a 100°C, cSt	14.4		

Figura 1-1. Propiedades físico-químico

Fuente: (Saldivia, 2013)

Para realizar los ensayos, el motor funcionó sin carga durante 150 horas de manera continua, las rpm y temperatura del motor se mantuvieron constantes, posterior a esto fue tomada la muestra con la previa limpieza del puerto de toma de muestra, la muestra contenía 110 ml, todo esto en la ciudad de Cancún en el país de México. Las propiedades estudiadas fueron: Viscosidad Cinemática con la norma ASTM D 445; Número total de basicidad y de acidez con normas ASTM D 4739 / ASTM D 664; Infrarrojo en aceites usados con norma NVE 751 en donde se muestra Oxidación, Agua, Sulfatación, Nitración, Combustible, Hollín; Contenido de metales por espectrometría en donde se observa Metales de desgaste, metales de contaminación y metales de aditivo bajo la norma ASTM D 6595 y Mancha de aceite (Saldivia, 2013, p.3).

Dentro de los resultados, la viscosidad muestra una disminución progresiva a medida que va aumentando el número de horas de operación del motor, por lo cual disminuye la protección de superficies metálicas, aumentando así el desgaste de las mismas, por otra parte, la basicidad se mantiene en valores aproximadamente constantes y alejados del valor mínimo permitido que resulta ser 6, a medida que va aumentando el número de horas del motor, notando así que el aceite mantiene su capacidad detergente (Saldivia, 2013, pp-4-5). En el gráfico 2-1 se observan mencionados resultados.

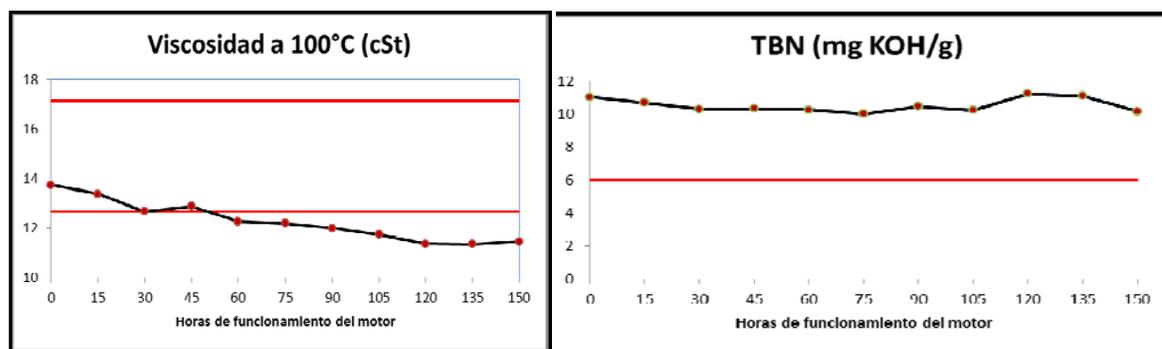


Gráfico 2-1. Valores obtenidos de viscosidad y basicidad

Fuente: (Saldivia, 2013)

En lo que respecta a la dilución de combustible, se observa que, a partir de las 45 horas de trabajo, aparece contaminación por combustible la cual progresivamente se va incrementando sin alcanzar el máximo permitido 5%, esto puede ser debido a problemas de inyección, mientras que el Hollín muestra un aumento considerable, lo que es indicativo de una combustión incompleta, esto puede provocar el espesamiento del aceite aumentando el desgaste en el motor (Saldivia, 2013, p.5), véase en el gráfico 3-1

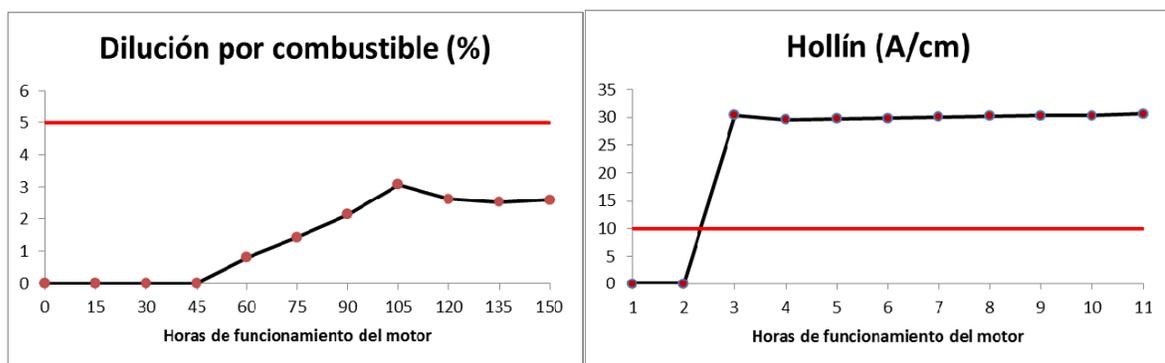


Gráfico 3-1. Valores de dilución y hollín

Fuente: (Saldivia, 2013)

Los metales por desgaste tienen un incremento progresivo debido al tiempo de trabajo, estos no alcanzan los valores máximos permitidos por lo que el aditivo antidesgastante está cumpliendo su labor, en los metales por contaminación se observa nuevamente un incremento progresivo, notando que el Sílice alcanza su valor máximo permitido, esto puede ser debido al desgaste de sellos, por el desgaste del aditivo antiespumante o por el ingreso de tierra al sistema, finalmente los metales por aditivo muestran los valores de actividad que mantienen para que el aceite cumpla con su trabajo, notando que los niveles son aceptables (Saldivia, 2013, pp-6-7), los valores se observan en el gráfico 4-1

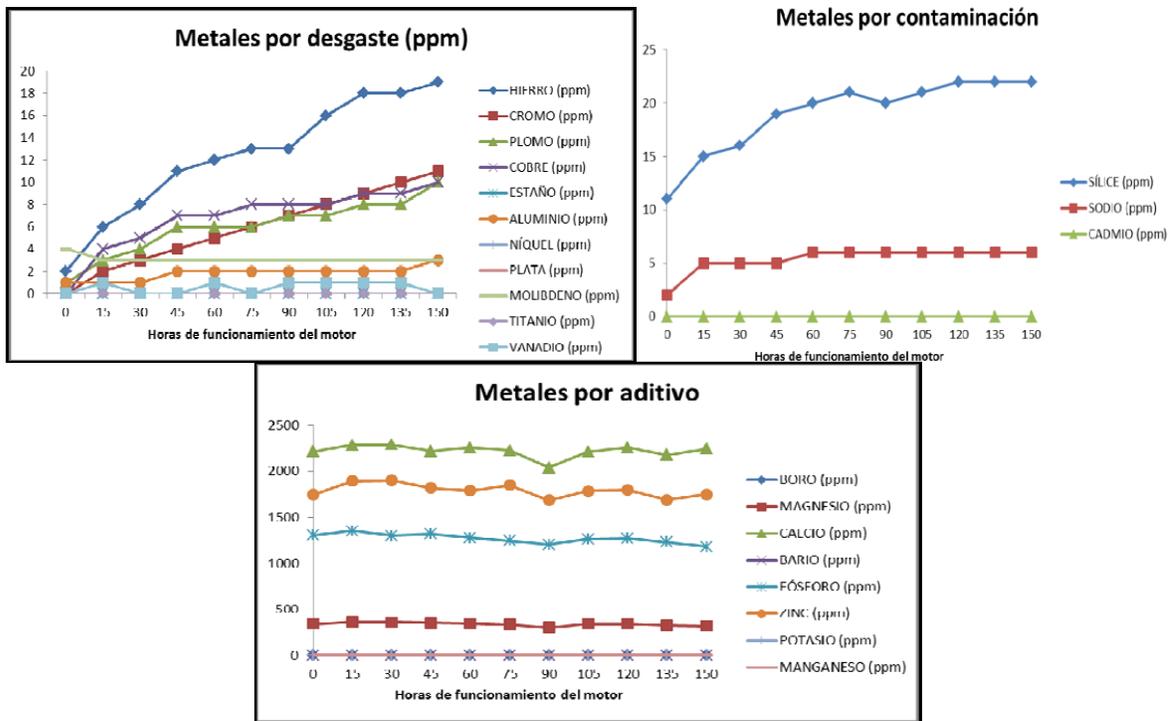


Gráfico 4-1. Valores de metales

Fuente: (Saldivia, 2013)

En el país existen publicaciones referentes al tema, los investigadores ecuatorianos Luis Buchelli y Vicente García, en el año 2015 publicaron el artículo denominado “detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diésel mediante la técnica del análisis de aceite”, en dicha investigación, usan el análisis de aceite como herramienta de mantenimiento predictivo ya que, el seguimiento de los principales parámetros del aceite determina los efectos del deterioro en la lubricación; un vehículo de la flota del equipo caminero del GAD Municipal de Milagro fue el medio para realizar la investigación. (Buchelli y García, 2015, pp-84-85)

Los investigadores seleccionaron el motor de una excavadora de marca Caterpillar modelo 320D, dicho motor cuenta con 6 cilindros en línea, con una cilindrada de 6.6 L y relación de compresión de 16.2:1, dicho motor utiliza aceite multigrado SAE 15W40 de calidad CI-4 de base mineral. Dentro del ensayo el motor funcionó con carga normal con intervalos de cambio del lubricante de 250 horas, las propiedades a ser evaluadas fueron: Viscosidad Cinemática con norma ASTM D 445; Número total de basicidad y de acidez bajo normas ASTM D 4739 / ASTM D 664; Infrarrojo en aceites usados, bajo norma NVE 751, de la cual se obtiene: Oxidación, Agua, Sulfatación, Nitración, Combustible, Hollín; y Contenido de metales por espectrometría, Metales de desgaste, Metales de contaminación y Metales de aditivo con la norma ASTM D 6595 (Buchelli y García, 2015, p.89).

Los resultados mencionados en esta publicación mencionan que la viscosidad a las 4999 horas tiene el valor mínimo igual a 12.9 cSt y el punto más alto es a las 3152 horas con un valor de 13.9 cSt, estos valores se encuentran dentro de lo permitido por el fabricante, en el gráfico 5-1 se observan los valores de viscosidad, además los aditivos permanecen sin mucha variación y también están dentro de los valores propuestos por el fabricante, con un valor máximo de 3189 ppm (partes por millón) a las 4999 horas, los aditivos que mejor se muestran son los dispersantes-detergentes y los anti desgaste, en el gráfico 6-1 se observan los valores mencionados (Buchelli y García, 2015, pp-90-91).

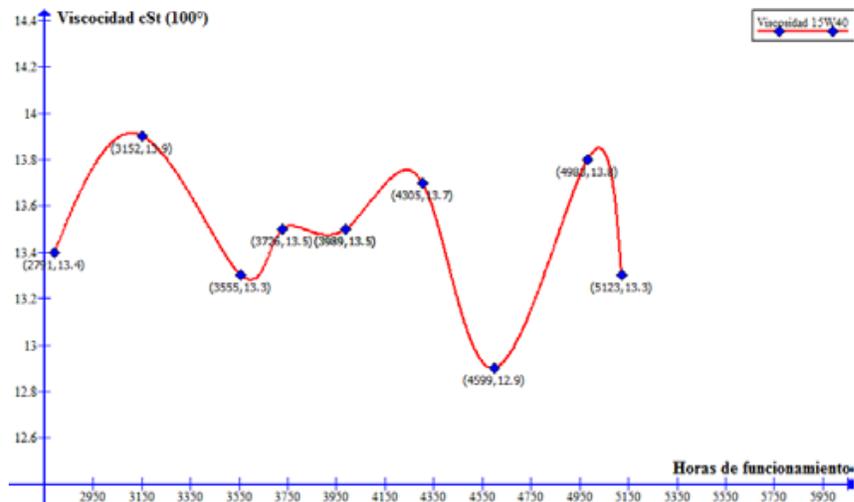


Gráfico 5-1. Valores de viscosidad

Fuente: (Buchelli y García, 2015)

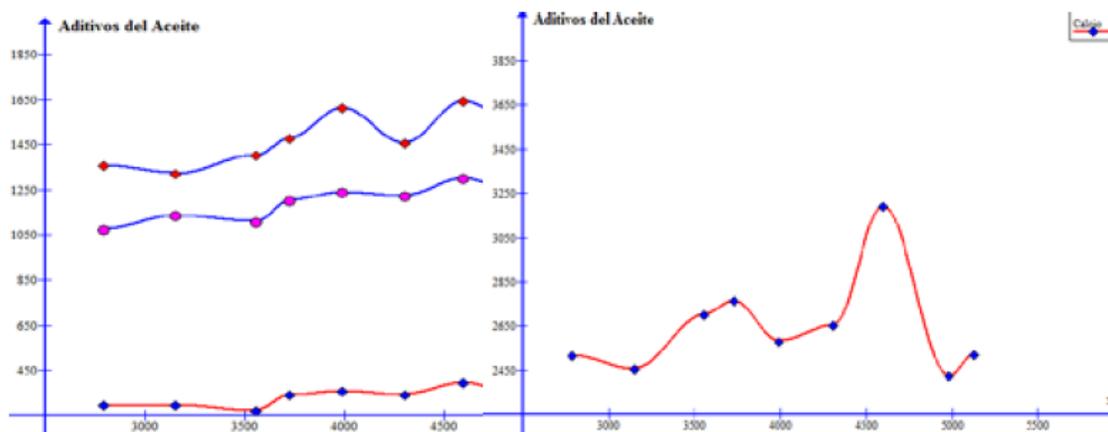


Gráfico 6-1. Valores de aditivos

Fuente: (Buchelli y García, 2015)

Los investigadores aseguran que el sílice es un indicador de contaminación, se observa en el gráfico 7-1 que existe dos puntos altos, el primero con un valor de 4 ppm a las 2791 horas y el segundo con 3 ppm a las 3555 horas pero se encuentran dentro del rango permisible, esto indica que existe suciedad debido a los filtros de aire en mal estado, mientras que en el gráfico 8-1 la contaminación debido a la sulfatación, nitratación y hollín, a la cual denotan como contaminación general (Buchelli y García, 2015, pp-91-92).

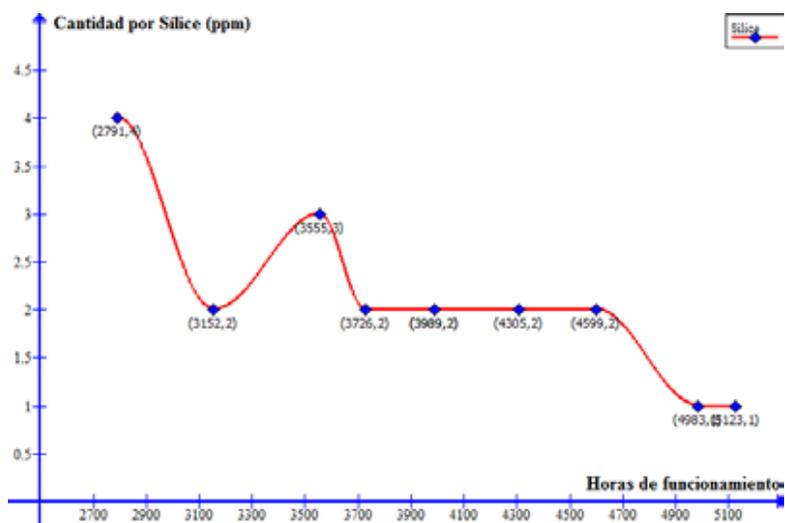


Gráfico 7-1. Contaminación por sílice

Fuente: (Buchelli y García, 2015)

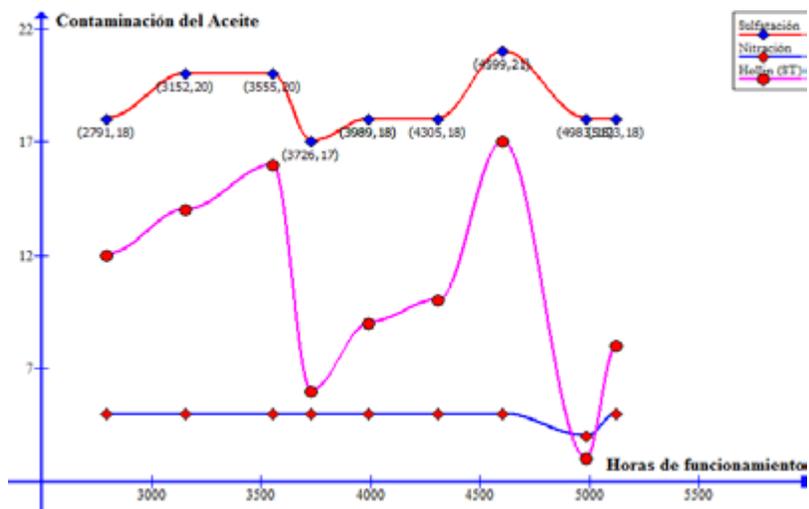


Gráfico 8-1. Contaminación general

Fuente: (Buchelli y García, 2015)

También mencionan que se nota claramente la contaminación de combustible al aceite y los efectos relacionados con la sulfatación y el hollín a las 4599 horas de trabajo, esto es producto de combustiones incompletas, estos datos son visibles en el gráfico 9-1, finalmente los metales de desgaste no superan los valores permitidos por el fabricante, pero dan indicios de alarma ya que el nivel de partículas de hierro ha aumentado con un valor de 15 ppm los valores se los observa en el gráfico 10-1 (Buchelli y García, 2015, p. 93).

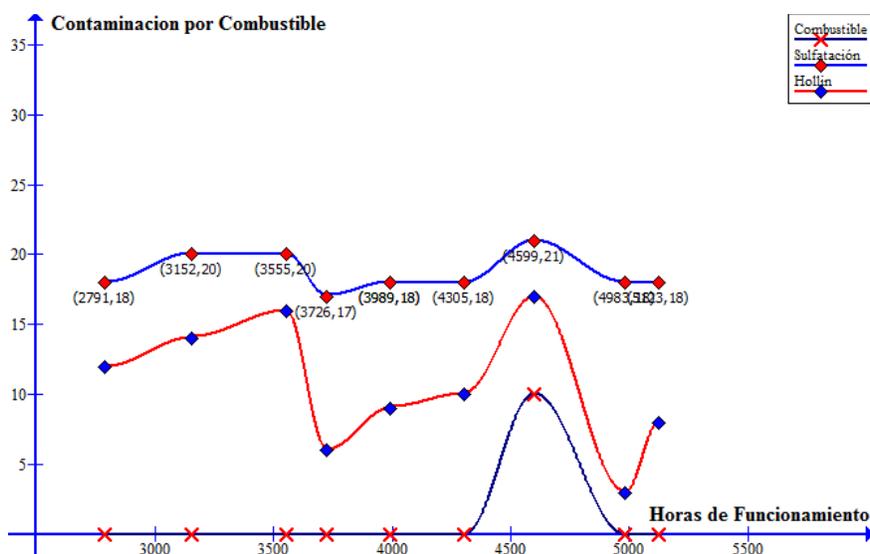


Gráfico 9-1. Contaminación por combustible

Fuente: (Buchelli y García, 2015)

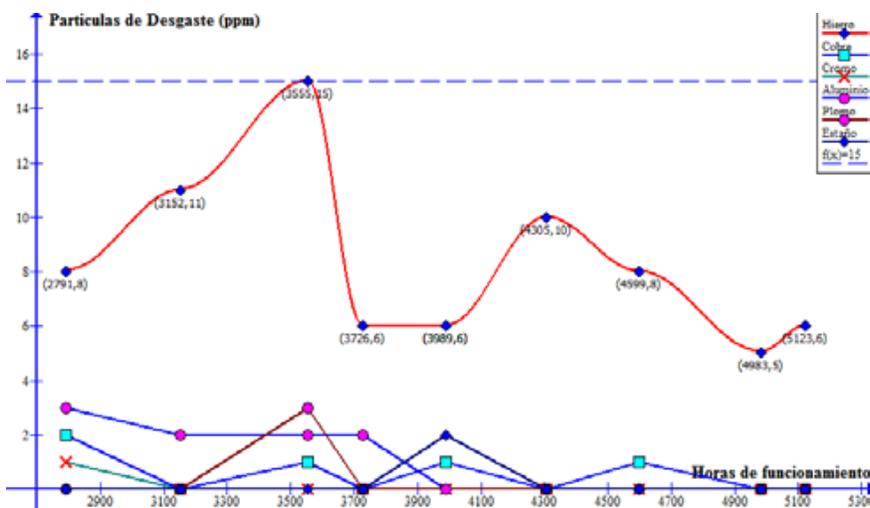


Gráfico 10-1. Metales de desgaste

Fuente: (Buchelli y García, 2015)

Otro aporte significativo dentro de las investigaciones en el país, lo realiza Geovanny Altamirano en su tesis de grado denominada “Análisis tribológico de la utilización del aceite PDV PETROECUADOR SAE 15W40 para determinar el rendimiento del motor de la volqueta Mack GU813E perteneciente al cuerpo de ingenieros del ejército”, para ello, el autor fijó los parámetros de conteo de partículas, condición del aceite, viscosidad y número total base; El objetivo fue, realizar el análisis físico-químico del aceite PDV de Petroecuador, considerando horas de operación y kilometraje total del motor, para ello utilizó una volqueta de marca MACK modelo GU813E que usa aceite lubricante SAE 15W40 y API CI-4, una vez realizado el muestreo a los 0 km, 1 500 km, 2 200 km, 3 013 km, 5 007 km, obtuvo los resultados en función de horas y kilometraje, todo esto en la ciudad de Latacunga. (Altamirano, 2017, pp-1-44).

Dentro de los resultados el investigador enmarca en primera instancia el conteo de partículas, al observar en el gráfico 11-1 se nota que el valor del cobre incrementa su valor de 0 a 5 ppm, el hierro tiene la misma tendencia de aumento de 2 a 14 ppm, el cromo no cambia, pero el aluminio cambia de 3 a 5 ppm. En el gráfico 12-1 el plomo presenta un cambio en su valor desde 0 a 1 ppm, el estaño incrementa su valor a 1 ppm en los 2 200km de recorrido y luego desciende a 0, el silicio presenta variaciones desde 3 ppm que es su valor base a 0, luego incrementa a 2 ppm al finalizar el kilometraje de recorrido, finalmente el sodio varía su valor y llega a uno de 4 ppm al terminar el kilometraje de recorrido (Altamirano, 2017, pp-56-57).

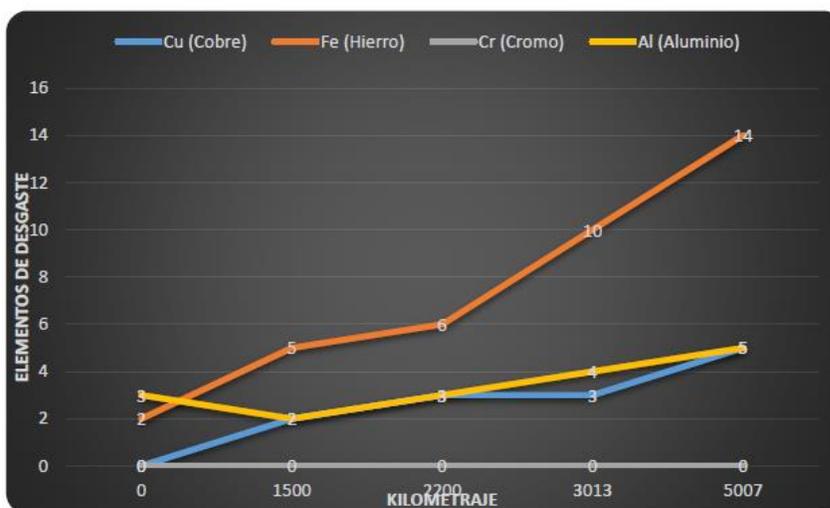


Gráfico 11-1. Metales de desgaste vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)

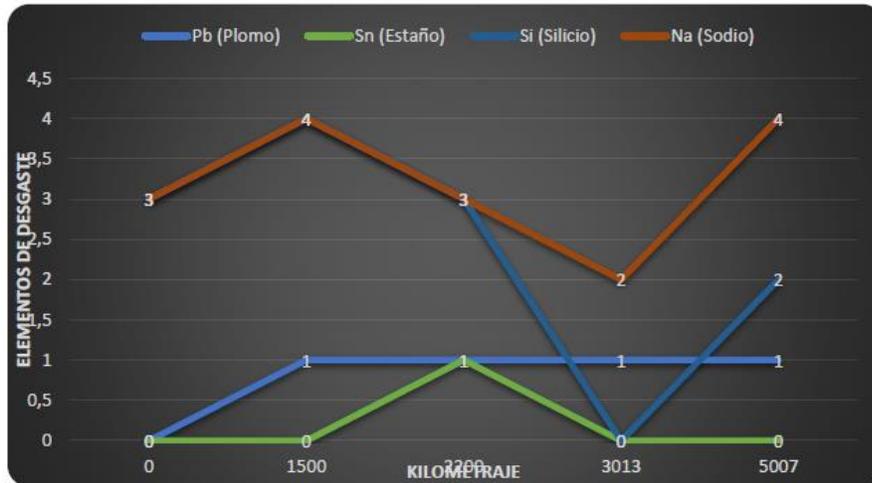


Gráfico 12-1. Metales de desgaste vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)

Altamirano al analizar los metales de desgaste, enmarca que el potasio varía de 0 a 4 ppm descendiendo este valor a 2 ppm y al finalizar el recorrido este valor es 0, el molibdeno cambia su valor de 0 a 1 ppm en los 3 013 Km de recorrido, el níquel aumenta el valor de 0 a 1 ppm el cual se mantiene constante desde los 2 200 Km, y el vanadio se mantiene constante con el valor de 0 ppm (Altamirano, 2017, p.57). En el gráfico 13-1 se observan los mencionados valores.

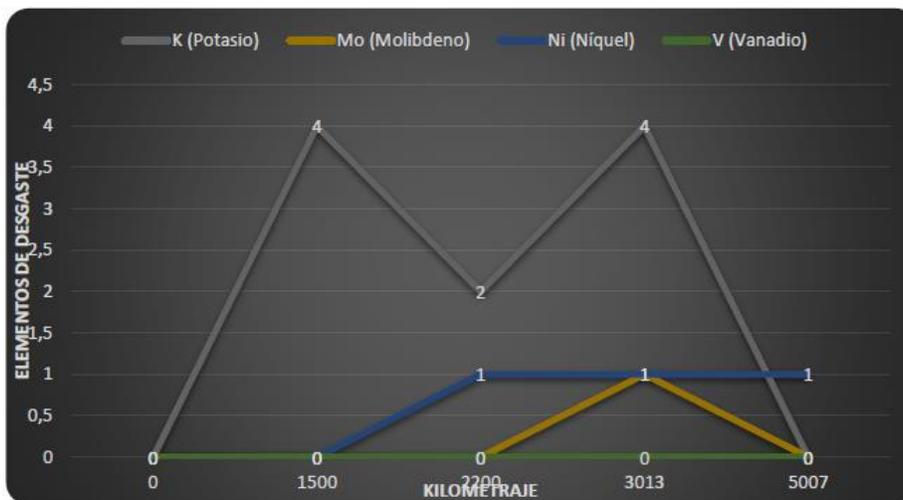


Gráfico 13-1. Metales de desgaste vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)

Otro resultado que indica el autor, es la conducta del paquete de aditivos, dentro de estos en el gráfico 14-1 se observa que el calcio incrementa su valor de 2960 a 3436 ppm, por otra parte, el zinc y fósforo aumentan sus valores de ppm a los 2 200km y el magnesio se mantiene constante con 0 ppm (Altamirano, 2017, p.58).

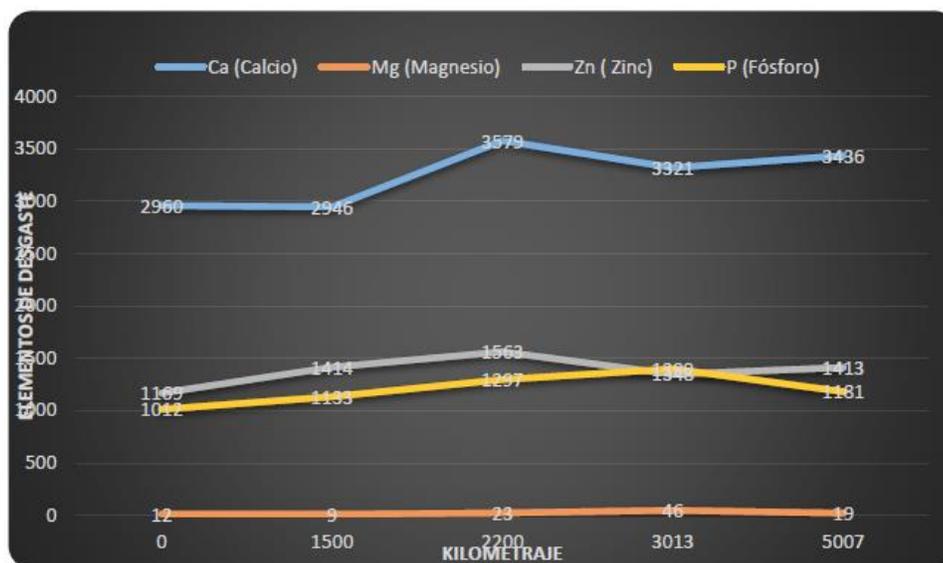


Gráfico 14-1. Aditivos vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)

Altamirano, también muestra la cantidad de Hollín producido a lo largo del ensayo y los kilómetros recorrido, este factor varía su valor de 0 a 11 UFM, el valor de agua, anticongelante y combustible se mantienen constante con 0 (Altamirano, 2017, pp-58-59). Los valores se los muestra en el gráfico 15-1.

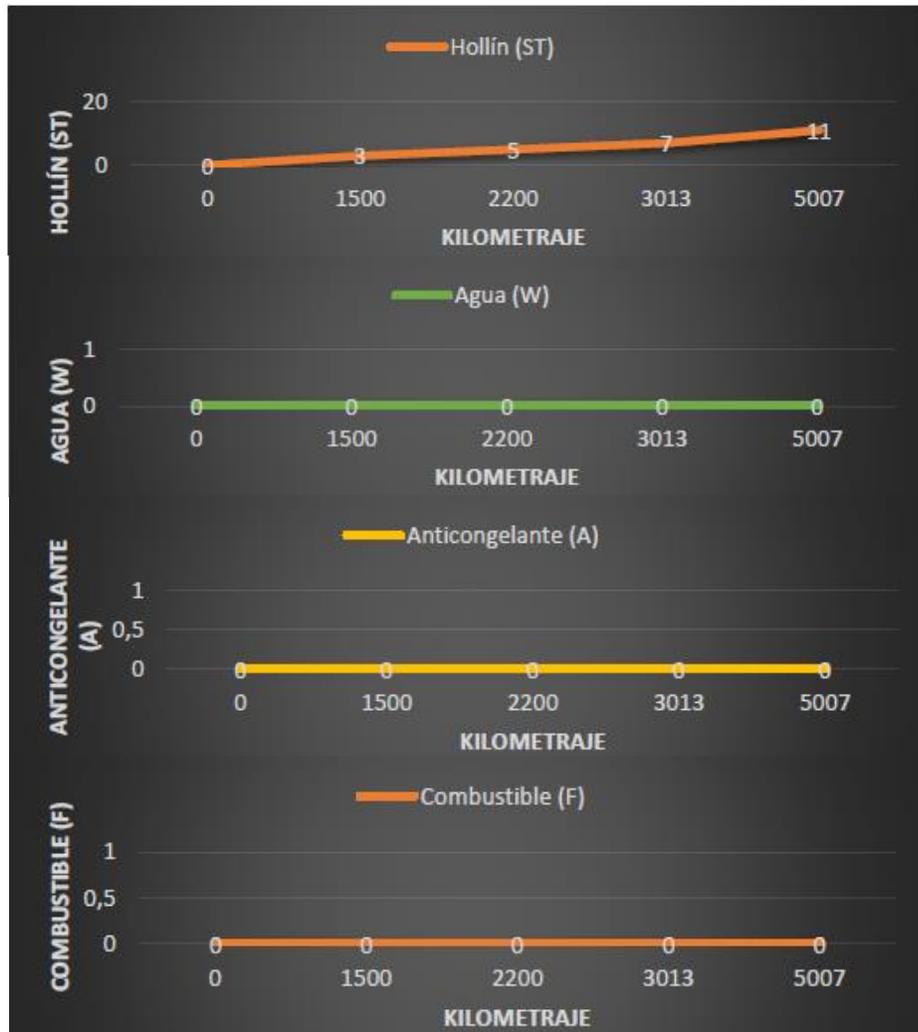


Gráfico 15-1. Contaminación vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)

Otro de los resultados que se muestra en el trabajo de titulación presentado por Altamirano, es la oxidación, nitratación y sulfatación, en el gráfico 16-1 se observan estos valores en donde se observa que la oxidación varía de 11 UFM a 10 UFM, la nitratación tiene un pequeño aumento en su valor de 3 a 5 UFM, mientras que la sulfatación desciende de 30 a 14 UFM para su posterior ascenso a 19 UFM al finalizar el recorrido (Altamirano, 2017, p.60)

La viscosidad en el gráfico 17-1 presenta una disminución en su valor desde los 14,5 cSt a 12,5 cSt al terminar el recorrido, mientras que el número total base desciende su valor base de 10,5 mg KOH/gr a 9 mg KOH/gr (Altamirano, 2017, p.61).

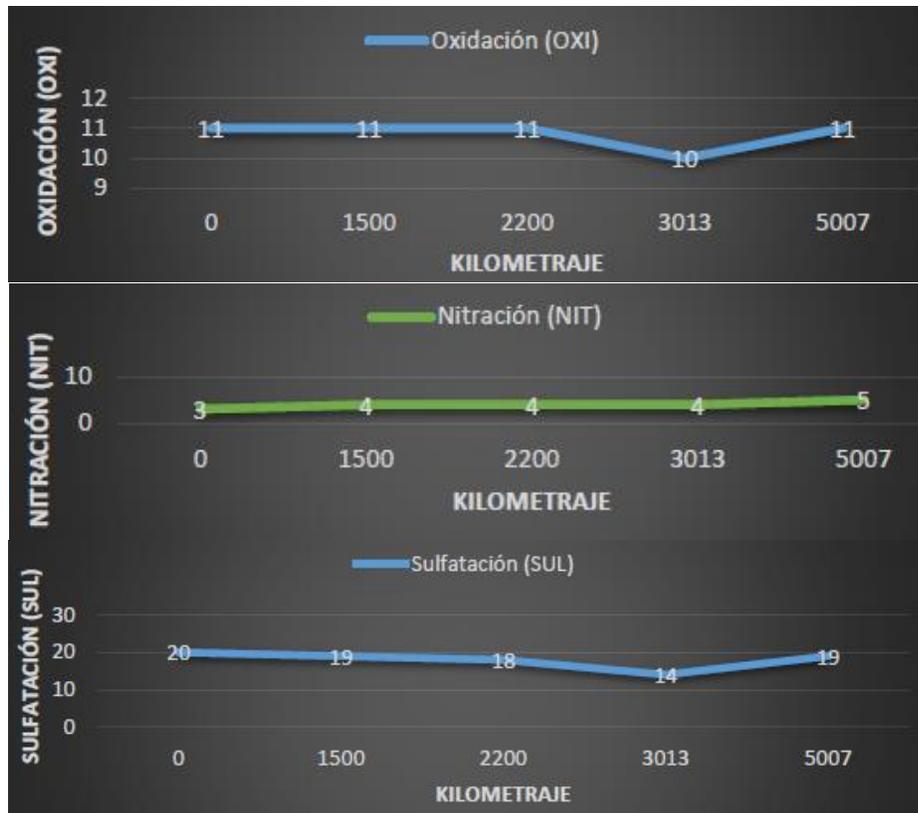


Gráfico 16-1. Oxidación, nitración, sulfatación vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)



Gráfico 17-1. Viscosidad y TBN vs kilometraje

Fuente: (Altamirano, 2017)

Altamirano al analizar los datos antes expuestos, infiere que el desgaste del motor es normal, a pesar que existan valores en los metales de desgaste estos valores no son críticos y estos metales informan de un desgaste en las camisas del pistón, las faldas del pistón, los anillos, válvulas y cigüeñal, para que exista este fenómeno se atribuye una falta de lubricación y por ende unas temperaturas fuera del rango normal; al analizar el paquete de aditivos se nota un claro incremento de los valores los mismos que están vinculados con la degradación misma del aceite y sus propiedades producidas en su mayoría por una gran cantidad de cenizas sulfatadas, el autor al analizar la sulfatación, oxidación y nitratación infiere que el desgaste es producto de las malas combustiones, finalmente al observar los datos de viscosidad el autor señala que el valor en cSt se encuentra por debajo del límite crítico, aunque este valor está presente al finalizar su vida útil por tanto no entraría dentro de un parámetro de alarma (Altamirano, 2017, pp-72-77).

A pesar de que las investigaciones fueron realizadas en distintos puntos geográficos, los investigadores no detallan fenómenos relacionados con el factor antes mencionado, en general no existen publicaciones que contemplen este panorama a pesar de que al observar los datos se nota una diferencia entre los análisis que, si bien estarían relacionados directamente con los modelos y marcas de motores, tampoco se descarta la opción de la influencia de la diferente geografía dentro de los valores.

1.6 Contaminación por aceites lubricantes

Las características de los aceites usados van a variar dentro de un margen muy amplio en el cual dependiendo de su procedencia y aplicación del aceite las vamos a reconocer. En general, la fuente de los contaminantes es la degradación recurrente de los compuestos provocada por el desgaste de aditivos en los subproductos de combustión incompleta como se la da en los vehículos a gasolina en las cuales pueden ser polvo, partículas metálicas pequeñas o en contaminaciones exteriores por mal mantenimiento o mal almacenamiento del aceite que pueden incluirse ahí agua, disolventes entre otros (Ortiz y Piloto, 2019, p.37).

Una de las tantas formas de evitar que el aceite lubricante usado se contamine es separando el aceite producido. Esto dependerá de la cantidad y el tipo de aceite producido. Se recomienda separarlos en:

- Aceite de lubricación de motor.
- Aceites hidráulicos
- Aceite para cortes industriales
- Aceites aislantes

Otros aceites usados, como emulsiones, grasas y disolventes. Como estándar importante para la organización de los sistemas de recolección, cabe señalar que la separación de diferentes tipos de aceite usado de la fuente en donde se los tomaron ayudará a su posterior procesamiento, aumentando así el valor del aceite usado, ya que, al mismo tiempo, reducirán los contaminantes en el producto final obtenido. El sistema de recogida no estructurado que a veces sostienen ciertas empresas de los diferentes tipos de aceite usado trae mayor dificultad y costes económicos en el posterior proceso de procesamiento y reciclaje (Ortiz y Piloto, 2019, p.12).

En el siguiente mapa podremos observar cómo se relaciona la contaminación del aceite lubricante con los problemas con el motor.

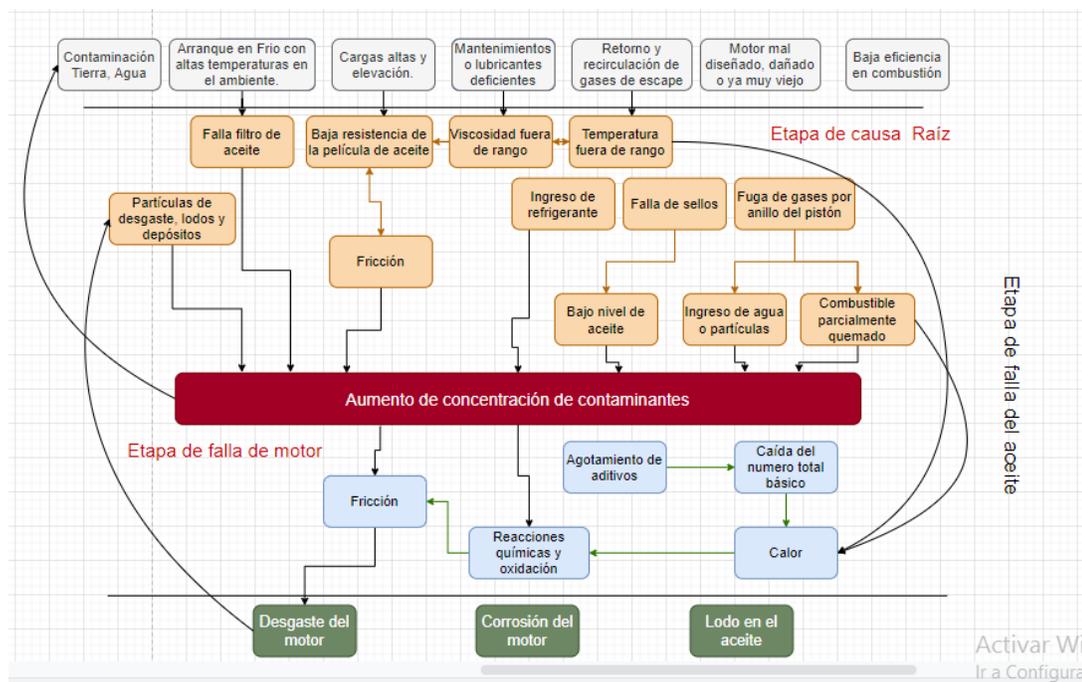


Figura 2-1. Contaminación del aceite y sus posibles problemas en el motor

Autor: (Autores, 2020)

Fuente: (Buchelli y García, 2015, p.86)

1.7 Impacto Ambiental en el Ecosistema por el aceite usado

El impacto ambiental en el ecosistema por los aceites usados se lo puede tomar en diferentes aspectos ya que pueden dañar varias partes del ecosistema que son muy indispensables para el ser humano, ya que es donde el habita, pero vamos a tomar en cuenta dos elementos de la naturaleza que a nuestra consideración son los que más son afectados, que son:

1.7.1 Agua

- El aceite usado posee una gran capacidad destructiva que deteriora el medio ambiente y si por ciertas circunstancias ese aceite usado se vierte directamente en el agua o de forma indirecta a través del alcantarillado, lo que va a ocasionar es que en el agua se va a producir una capa impermeable que le va a impedir la apropiada oxigenación y eso lo que concibe es que puede asfixiar a los seres vivos que vivan alrededor de ese habitat.
- Un litro de aceite contamina un millón de litros de agua (Ortiz y Piloto, 2019, p10).
- El aceite usado, tiene un mínimo índice de bioseguridad y esto afecta de manera muy grave a los tratamientos biológicos que trabajan las depuradoras de agua y su daño puede ser muy radical que pueden llegar incluso a inhabilitarlos (Ortiz y Piloto, 2019, p10).

1.7.2 Aire

- Si el aceite usado entra en combustión ya sea por si solo o mezclado con combustible o aceite, sin que posea un tratamiento o control adecuado, da origen a sustanciales problemas de contaminación y emite gases muy tóxicos debido a la presencia de azufre, plomo, fosforo, cloro, etc.
- Lo que provocan cinco litros de aceite quemado es que 1.000.000 de metros cúbicos de aire se puedan llegar a contaminar con plomo y otras sustancias nocivas para la salud, esta cantidad de aire es lo que respira una persona en tres años (Barrera y Velecela, 2015, p21).

1.8 Normativas Ambientales

El (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015, pág. 2), señala en el artículo 2 del libro VI del texto unificado del Derecho derivado sobre calidad ambiental: El Estado está obligado a adoptar políticas y medidas adecuadas para evitar impactos ambientales en la determinación de daños a través de sus instituciones y órganos de gobierno, y de acuerdo con los poderes públicos que le otorga la ley. La normativa ambiental incluye información regulatoria que el centro automotriz debe cumplir con el fin de gestionar adecuadamente los residuos tóxicos generados, establecer nuevas alternativas para mejorar el medio ambiente y reducir continuamente los riesgos a nuestra salud.

1.8.1 Reglamento para la prevención y control de la contaminación.

El (Ministerio del Ambiente - Ecuador, 2012, pág. 4) a través del reglamento para prevenir y controlar de la contaminación por residuos peligrosos, marca varios aspectos ambientales entre los cuales está el de fomentar como su objetivo principal la disminución de generación de residuos, las diferentes formas de tratamiento que impliquen que el material sea reciclado y reutilizado, incorporar tecnologías óptimas desde un punto de vista que sea beneficioso para el ambiente y el tratamiento y realización

prácticas guiadas en los lugares donde se generen los desechos sólidos y líquidos para conocer su correcta ejecución.

Varios aspectos de la normativa ambiental y los aspectos que deben seguir los aceites usados, filtros y generadores de grasas son:

-Las instalaciones de almacenamiento para actividades comerciales e industriales deben tener un acabado de fácil limpieza y limpieza adecuada.

-Almacene y elimine de forma segura los residuos generados.

-El acceso debe estar restringido, solo el personal autorizado podrá ser admitido.

-Gestionar adecuadamente los residuos peligrosos para reducir su impacto en el medio ambiente.

-Montar de un área establecida para el almacenamiento de los desechos que se generen en una industria de tipo automotriz, para evitar el contacto con el agua y suelo virgen.

-Según acuerdo del Ministerio de Medio Ambiente, los residuos se transportan a la persona o empresa responsable del destino final.

-Llevar un registro de manejo, cantidades generadas y con eso se debe realizar una declaración anual ante la autoridad competente que este echa a cargo.

-La limpieza (desinfección, fumigación) se realizará si es necesaria de forma periódica.

1.9 Aceites lubricantes

Diversos líquidos y sustancias viscosas de origen mineral, vegetal o animal se denominan aceites, aunque también tienen otros usos, pero generalmente se utilizan en las industrias como lubricantes y como concepto básico los lubricantes son sustancias especiales que se colocan entre dos partes de contacto para evitar que se degraden o se desgasten durante un trabajo echo.

1.9.1 Función del Aceite lubricante

Si dos áreas metálicas están con un movimiento constante bajo alta presión y se encuentran secas, el contacto de ambas va a conllevar a calentamiento, una fricción excesiva y desgaste pero si un fluido se mantiene entre ambas superficies de contacto, lo que va a hacer es evitar que se toquen los metales, entonces la fricción antes mencionadas ya no va a ser tan relevante porque va a existir el fluido que

en nuestro caso es el aceite lubricante que va a absorber esa fricción y ya será en su mayoría despreciable (Preciado, 2017, p.8).

1.9.2 Manufactura y composición del aceite lubricante

En la elaboración de aceite lubricante, se dilata o fracciona el petróleo crudo primero para que se eliminen los hidrocarburos más volátiles, como el queroseno, la gasolina, el fuel-oil destilado y las fracciones de aceite más pesadas son las que se pueden utilizar para obtener aceite lubricante o mediante el uso de refinado con tratamiento de filtración, ácido, solventes, desparafinado y otras técnicas de fraccionamiento, se pueden eliminar componentes indeseables, dejando solo hidrocarburos inocuos, pero por el contrario, cumplen con los requisitos de ciertos tipos específicos de motores en su lubricación.

Para su composición el lubricante ideal deberá ser adecuadamente viscoso para evitar el contacto de los materiales que trabajan entre ellos y mantener las superficies apartadas, no deberá ser corrosivo, debe mantenerse estable a los cambios radicales de temperatura, no permitir que se creen residuos gomosos, conservar limpias las zonas lubricadas y no debe permitir la formación de lodos. Los lubricantes constan de una base lubricante que proporciona las principales características para saber la procedencia de los lubricantes. La base lubricante puede ser mineral (de petróleo crudo), aceite lubricante sintético o aceite base lubricante vegetal y animal, esto según la finalidad del aceite (Serrano, 2019, pp. 8-12).

1.9.3 Propiedades del aceite lubricante

Los aceites lubricantes llevan consigo una serie de propiedades específicas, que ayudan a que el fluido consiga su cometido principal como se mencionó anteriormente, estos al provenir básicamente de los hidrocarburos, y con la variación en la mezcla de los mismos, hace que presente una serie de propiedades físico-químicas (Enriquez, 2016, p8).

1.9.3.1 Color y fluorescencia

El color de los aceites lubricantes varía de ser transparente a un negro opaco. La variación del color de aceites lubricantes es de diferencias en los petróleos crudos, su viscosidad, el método que se utilizó y grado de tratamiento durante su refinación, y la cantidad o naturaleza de los aditivos que se usaron. El color tiene poco significado al momento de determinar el desempeño de un aceite, pero hace pocos años atrás, se le daba gran importancia ya que indicaba el grado de refino del que se obtenía y su fluorescencia indicaba el origen del crudo (Enriquez, 2016, p8).

1.9.3.2 Viscosidad

La viscosidad se la puede definir como una resistencia del líquido a fluir con facilidad. Esta resistencia es producida por la atracción entre moléculas mismas del líquido. Los fluidos de alta viscosidad tienen cierta resistencia al flujo, mientras que los fluidos de baja viscosidad fluyen fácilmente. Se puede asumir que la viscosidad es la propiedad más importante de un aceite lubricante ya que es un factor primordial para: generar películas lubricantes, afecta la procreación de calor y el enfriamiento tan necesario de los cilindros, engranes y cojinetes.

La viscosidad determina la tasa de consumo de aceite, el efecto de sellado que produce el aceite y la dificultad de arrancar la máquina en condiciones de frío (Viteri y Jaramillo, 2011, p.35). Al elegir un aceite adecuado, primero se debe considerar la viscosidad ya que debe ser lo adecuadamente alta como para proporcionar una película lubricante y no demasiado alta para causar una pérdida excesiva por fricción. Dado que la viscosidad va a depender de la temperatura en la que se encuentre el aceite, es necesario analizar la temperatura de trabajo en la máquina.

1.9.3.3 Untuosidad

Esta propiedad representa que el aceite se adhiere más o menos a la superficie metálica a lubricar y aparece cuando el espesor de la película de aceite se reduce al mínimo sin llegar al límite de lubricación (Enriquez, 2016, p10).

1.9.3.4 Punto de Inflamación

El punto de inflamación es la temperatura del aceite más baja en la cual comenzará a emitir vapores inflamables. Este punto está relacionado con la volatilidad del aceite. Cuanto menor sea el punto, mayor será la volatilidad del aceite y más fácil se inflamará.

Cuando el punto de inflamación es alto nos indica la buena calidad del aceite. En los aceites que son de uso industrial el punto de inflamación suele variar entre los 80 y 232°C, y en los que son de automoción entre los 260 y 354°C (Viteri y Jaramillo, 2011, p.35). El punto de inflamación también facilita una guía para presencia de contaminantes, especialmente de gases, peligros de incendio por vapores y procesos de producción de petróleo inadecuados.

1.9.3.5 Punto de Combustión

Este punto es la temperatura a la que se inflama los vapores emitidos por un aceite y que al menos 5 segundos permanecen ardiendo. El punto de combustión por lo general se encuentra entre 30°C y 60°C por encima del punto de inflamación (Enriquez, 2016, p10).

1.9.3.6 Punto de Congelación

El punto de congelación o punto de fluidez, es la temperatura más baja a la que se observa fluidez en el aceite durante su enfriamiento. Esta formulada en múltiplos de 3°C o 5°F. En los aceites nafténicos como la densidad se disminuye por causa del descenso de la temperatura este punto se logra y en los parafínicos se obtiene principalmente por cristalización de sustancias parafínicas. Esta es una característica importante en aquellos aceites que van a operar a bajas temperaturas ambientales de trabajo (Enriquez, 2016, p10).

1.9.3.7 Acidez

El carácter ácido que va a tener un lubricante viene determinado por la presencia de todas sus sustancias ácidas que ya existen dentro del aceite. Existen mínimo dos tipos de acidez en el aceite:

- Acidez mineral, se produce por ácidos residuales al momento del refinado.
- Acidez orgánica, se produce por consecuencia de los aditivos y de la oxidación.

Durante su uso, el aceite resistirá altas temperaturas y tensiones mecánicas. Esto conduce a la degradación gradual del aceite, lo que lleva a cambios en la composición del mismo. La oxidación produce sustancias y se reduce la capacidad protectora de los aditivos. A medida que se aproxime el fin de la vida útil del aceite lubricante, este proceso se acelerará, lo que llevará a la formación de lodos, barnices y depósitos carbonosos en el sistema, reducirá la viscosidad del aceite e incluso las piezas metálicas se corroerán, la variación de la acidez del aceite es un buen semáforo del nivel de degradación (Viteri y Jaramillo, 2011, p.39).

El grado de acidez permitido depende del tipo de aceite y de sus diferentes condiciones de como se lo utiliza, y se debe tomar en cuenta que no deben sobrepasarse los límites establecidos para evitar daños en los equipos o problemas en su funcionamiento. Si existe un incremento brusco en la acidez nos indicara problemas como pérdidas en sellos, contaminación, incremento de fatiga mecánica o térmica o por último la pérdida de la capacidad de los aditivos ocupados.

1.9.3.8 Demulsibilidad

Se lo conoce así a la capacidad de un líquido que no es soluble en agua para poder separarse de la misma cuando está formando una disipación.

La oxidación del aceite y la presencia de contaminantes afectarán adversamente la demulsibilidad del aceite. En muchos de los casos, la eliminación adecuada de agua va a ayudar a la lubricación y reduce la posibilidad del desgaste y la corrosión de las piezas. Esta característica es muy importante para los

aceites hidráulicos, turbinas y engranajes que transmiten grandes esfuerzos y lubricantes de maquinaria industrial, pero en el caso de los aceites de automoción no lo serán debido a sus capacidades dispersantes y detergentes (Viteri y Jaramillo, 2011, p.40).

1.9.3.9 Densidad

Es una relación entre el peso de un volumen dado de una sustancia y el peso del agua destilada a 4 ° C. La densidad así definida va a corresponder numéricamente con el peso específico. En los aceites lubricantes, la relación es menor a 1 que va entre los intervalos de 0,855 a 0,934, lo que indica que pesan menos que el agua.

La densidad de los aceites se da a la temperatura de 15,6° C y en casos excepcionales a 20° C (Albán y del Rosario, 2014, pág. 12).

1.10 Clasificación de los aceites lubricantes según la Norma INEN 2030:2011

Clasificación SAE para aceites lubricantes monogrados (ver Tabla 1-1).

Tabla 1-1: Clasificación de los aceites lubricantes monogrados, para motor por su viscosidad (basada en norma SAE J300)

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Dinámica máxima a temperatura mínima (mPa – s a °C)		Viscosidad Cinemática a 100 °C (m ² /s)	
	Arranque	Bombeo	Mín.	Máx.
0W	6200 a -35	60000 a -40	3,8 x 10 ⁻⁶	
5W	6600 a -30	60000 a -35	3,8 x 10 ⁻⁶	
10W	7000 a -25	60000 a -30	4,1 x 10 ⁻⁶	
15W	7000 a -20	60000 a -25	5,6 x 10 ⁻⁶	
20W	9500 a -15	60000 a -20	5,6 x 10 ⁻⁶	
25W	13000 a -10	60000 a -15	9,3 x 10 ⁻⁶	
20			5,6 x 10 ⁻⁶	< 9,3 x 10 ⁻⁶
30			9,3 x 10 ⁻⁶	< 12,5 x 10 ⁻⁶
40			12,5 x 10 ⁻⁶	< 16,3 x 10 ⁻⁶
50			16,3 x 10 ⁻⁶	< 21,9 x 10 ⁻⁶

60			$21,9 \times 10^{-6}$	$< 26,1 \times 10^{-6}$
----	--	--	-----------------------	-------------------------

Fuente: NTE INEN 2030:2011

Realizado por: Autores, 2020

Clasificación SAE para aceites lubricantes multigrados, ver Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Clasificación de los aceites multigrados para motor, por su viscosidad

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad Cinemática a 100 °C	
	Mín.	Máx.
0W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
0W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
0W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
5W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
5W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
5W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
5W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
10W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
10W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
15W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
15W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
20W20	$5,6 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$
20W30	$9,3 \times 10^{-6}$	$12,5 \times 10^{-6}$
20W40	$12,5 \times 10^{-6}$	$16,3 \times 10^{-6}$
20W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
25W50	$16,3 \times 10^{-6}$	$21,9 \times 10^{-6}$
25W60	$21,9 \times 10^{-6}$	$26,1 \times 10^{-6}$

Fuente: NTE INEN 2030:2011

Realizado por: Autores, 2020

Clasificación API para aceites lubricantes para motores ciclo de diésel, ver Tabla 3-1

Designación tal como CF, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4 o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme la clasificación API. (NTE INEN 2030, 2011)

Tabla 3-1: Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de diésel

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

Fuente: NTE INEN 2030:2011

Realizado por: Autores, 2020

Clasificación API para aceites lubricantes para motores ciclo de Otto, ver Tabla 4-1. Designación tal como SG, SH, SJ, SL, SM o superiores, que definen un nivel de desempeño del lubricante, conforme a la clasificación API. (NTE INEN 2027, 2011)

Tabla 4-1: Clasificación API de los aceites lubricantes para motores ciclo de Otto

CATEGORÍA	SERVICIO	ESTADO
SG	Para motores anteriores y hasta 1993.	Obsoleto
SH	Para motores anteriores y hasta 1996.	Obsoleto
SJ	Para motores de automóvil del año 2001 y anteriores.	Vigente
SL	Para motores de automóvil del año 2004 y anteriores	Vigente
SM	Para motores de automóvil a partir del año 2004 y anteriores	Vigente

Fuente: NTE INEN 2030:2011

Realizado por: Autores, 2020

1.11 Análisis de aceites

Consiste en una serie de ensayos o pruebas físico-químicas realizadas a muestras de aceites lubricantes, para determinar si este fluido se encuentra en condiciones de operación o si debe realizar el cambio del mismo. Esta técnica brinda mucha información para el mantenimiento de las máquinas y equipos, y sobre todo detalla el estado del aceite lubricante y de los componentes, de esta manera se llega a conocer las condiciones de operación del equipo, los niveles de contaminación, niveles de degradación, desgaste y vida útil. Estas técnicas pueden ser empleadas por laboratorios las cuales brindan datos más precisos, o por métodos rápidos denominados “de taller”. (Mejía, 2015, p.1)

El objetivo de los laboratorios con el análisis y evaluación del aceite lubricante, es controlar los cambios sufridos en la calidad del fluido, alertando tempranamente de problemas catastróficos y de esta manera ayuda a la protección de los equipos, además se incluye el servicio de monitoreo que consiste en la toma de muestras de manera periódica para ser evaluados, con la finalidad de reportar anomalías de forma rápida y eficiente. (Intertek, 2017, pp-3-5)

1.11.1 Inductividad Acoplada Plasma (ICP)

La prueba se realiza por medio de un ICP Plasma, este ensayo logra detectar la cantidad de partículas metálicas menores a 10 µm en partes ppm en suspensión contenidas en el fluido lubricante, en esta prueba los metales analizados son: aluminio, calcio, cobre, cromo, estaño, fósforo, hierro, magnesio, molibdeno, níquel, plomo, potasio, silicio, sodio, vanadio, zinc. La prueba expresa el análisis de metales de desgaste, contaminantes y aditivos, el método utilizado en el ensayo es el ASTM D5185.

1.11.2 Infrarrojo Transformada de Fourier (FTIR)

El nombre completo del ensayo *FTIR* es *Un-substanted FT-IR Methodology*, sirve para analizar las condiciones del aceite, dicho proceso se lo realiza a través de un espectrómetro de radiación infrarrojo que determina la cantidad de contaminantes presentes en el aceite, estos pueden ser Hollín, Oxidación, Nitratación y Sulfatación. Utiliza el método ASTM E2412

1.11.3 Viscosímetro Automático

Consiste en un análisis de *Viscosidad Cinemática (cSt 100°C)*, como si de viscosidad se tratase, esta prueba determina la resistencia del aceite a fluir, además usa el método ASTM D445

1.11.4 Prueba Anticongelante

En caso de transferencia de fluido anticongelante al sistema de lubricación, el resultado será positivo, esto está determinado de manera cuantitativa a través de este ensayo, el método empleado es el ASTM D2982 con el que se evalúa la presencia o ausencia de *etilenglicol* en la muestra de aceite.

1.11.5 Contaminación de Agua

Evalúa la presencia o ausencia de agua en la muestra de aceite, se utiliza una plancha caliente a una temperatura de 163°C, este ensayo es realizado mediante prueba visual de crepitación, determinando el agua libre y emulsionada. Los resultados se expresan como: negativo, trazas, positivo, excesivo.

1.11.6 Contador de Partículas

Este análisis no se lo realiza en aceite para motores de combustión interna (MCI), mediante este ensayo se determina el nivel de limpieza del fluido lubricante, para ello se realiza lecturas en 8 canales los cuales son: 4 µm, 6 µm, 10 µm, 14 µm, 18 µm, 21 µm, 38 µm, 50 µm. El análisis está regido por la norma ISO 11171:1999 reportado por ISO 4406, además determina el código ISO del fluido.

1.11.7 Cromatógrafo de Gases

Este ensayo es también conocido como *Análisis Cuantitativo de Combustible en el Aceite*, el examen determina el porcentaje de combustible presente en el aceite lubricante, mediante el método ASTM D3524.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Metodología

Se utilizará la metodología Analítica-Deductiva, puesto que el método ayudará a formular ideas basadas en las condiciones reales del aceite lubricante SAE 14W40 usado en motores diésel y para obtener información del fenómeno de vida útil del lubricante, todo esto para sustentar el proyecto, gracias a esto se podrá explicar tanto la parte teórica como metodológica del análisis de aceite para finalmente obtener conclusiones y recomendaciones basadas en las pruebas antes mencionadas, en la figura 1-2 se plantea la metodología a utilizarse en el desarrollo de la investigación.

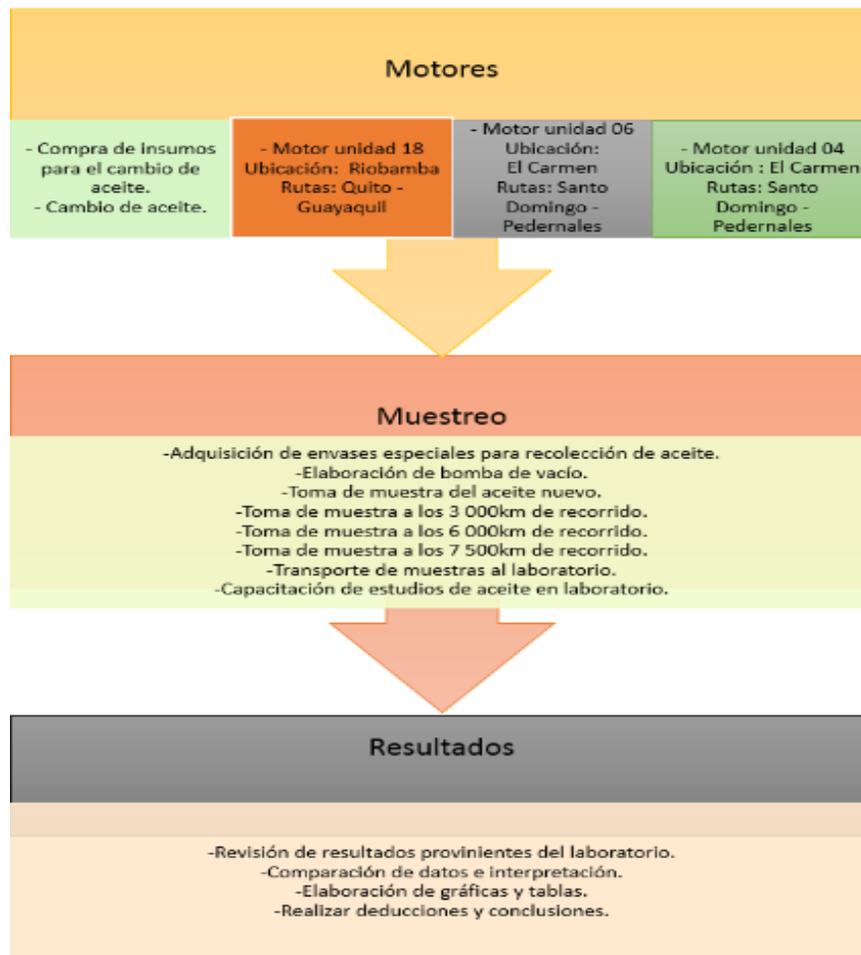


Figura 1-2. Metodología a utilizar

Autor: (Autores, 2020)

2.2 Descripción de los motores (automotores)

Dentro del ámbito de transporte interprovincial, la tónica predominante en este parque automotor son los buses HINO AK, la ficha técnica de dichos vehículos nos menciona que están equipados con motores diésel de 4 tiempos, el motor cuenta con 6 cilindros en línea turboalimentado con cilindrada de 7 684 cm³, dicho motor entrega una potencia máxima de 260 HP a 2 500 rpm, además su torque máximo es 748 Nm a 1 600 rpm, el motor cuenta con inyección electrónica de riel común (*Common-rail*), estos motores cumplen con la norma EURO 3 (MAVESA, 2017, p.2). En la tabla 2-1 se observan las principales características del motor mencionado.

Tabla 1-2: Características técnicas del motor

Tipo	Diésel
Número de cilindros	6
Configuración de los cilindros	En línea
Cilindrada	7 684 cc
Sistema de inyección	Inyección electrónica de riel común
Turboalimentado	Si
Potencia máxima	260 HP @ 2 500 rpm
Torque máximo	748 Nm @ 1 600 rpm

Fuente: Mavesa, 2017

Realizado por: Autores, 2020

Para la investigación se utilizan tres automotores equipados con los motores antes descritos, uno de ellos pertenece a la cooperativa Chimborazo de la ciudad de Riobamba, utiliza el dorsal 18, dicha ciudad se encuentra en la provincia de Chimborazo y pertenece a la región sierra, los dos restantes se encuentran en la región costa, usan los dorsales 4 y 6, son oriundos de la ciudad de Santo Domingo provincia del Santo Domingo y operan en la cooperativa Rutas Carmenses.

2.3 Descripción de las rutas

Los vehículos antes mencionados cubren distintas rutas, cabe mencionar que una ruta según la RAE es el camino el cual se encuentra establecido para transportarse de un lugar hacia otro (RAE, 2020); también se lo puede enmarcar como una carretera pública destinada a la circulación de automóviles con el fin de transportarse de un sitio hacia otro.

Las rutas presentes en la investigación, son establecidas por las cooperativas de transporte mencionadas con anterioridad, mismas que tienen diferentes características geográficas y condiciones atmosféricas debido al particular relieve del país.

2.3.1 Ruta Riobamba-Quito

El vehículo con numeración 18 es quien cubre el mencionado tramo, el automotor viaja desde Riobamba hacia Quito y posteriormente retorna haciendo una parada de descanso en Quito, la distancia de esta ruta son 184 Km que comprende la distancia en carretera desde el Terminal Terrestre de Riobamba ubicado en las calles Av. La Prensa entre Daniel León Borja y Rey Cacha, hasta el Terminal Terrestre de Quito ubicado en las calles Av. Cóndor Ñan y Pumapungo, el tiempo promedio que tarda el automóvil en culminar el tramo son 4 horas, la mayor parte de este camino se lo realiza a través de la carretera estatal E35, la distancia total de recorrido son 368 km si contemplamos el tramo como ida y vuelta, con una duración total de 8 horas, en la figura 2-2 se observa la ruta trazada por Google Maps.

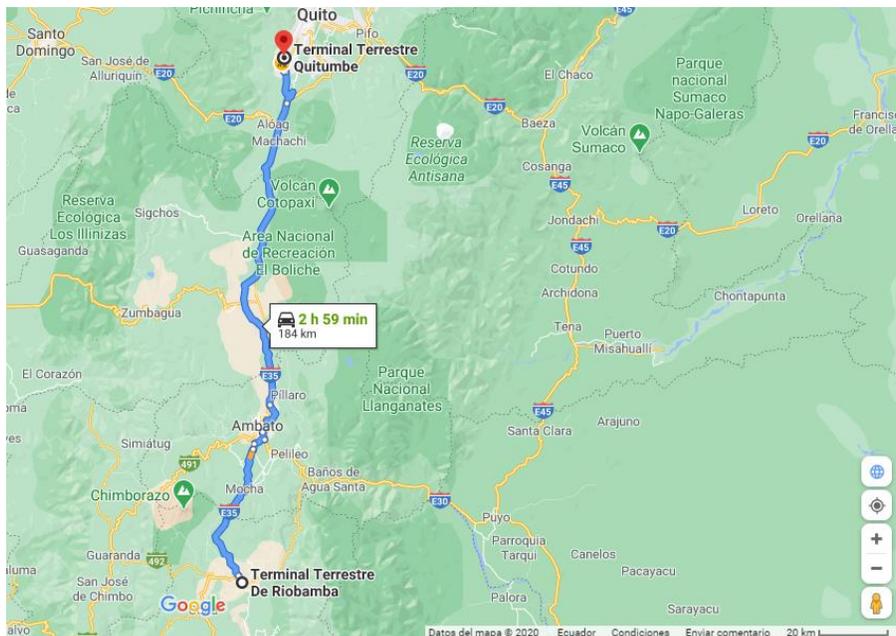


Figura 2-2. Ruta Riobamba-Quito

Fuente: (Autores, 2020)

El tramo mencionado atraviesa las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pichincha por lo que se convierte en una ruta exclusiva de la sierra ecuatoriana. Al encontrarse en la geografía de la sierra del país, es común que la ruta se encuentre a una altitud sobre el nivel del mar considerable, y con inclinaciones bastas. El software Google Earth traza la ruta y arroja datos de elevación e inclinación, mencionado software nos indica que la altura máxima es 3 604 msnm en el kilómetro 24.08 de la carretera E35, además indica que la altura mínima es de 2 366 msnm en el kilómetro 61.2 de la carretera antes mencionada, el promedio de altitud es de 2 970 msnm. En cuanto a inclinaciones, el programa señala que, la inclinación máxima es de 10.01%, -12.06%, con una inclinación promedio de 2.08%, -3.2%. (Google Earth, 2020) Los datos mencionados se los observa en la figura 3-2.

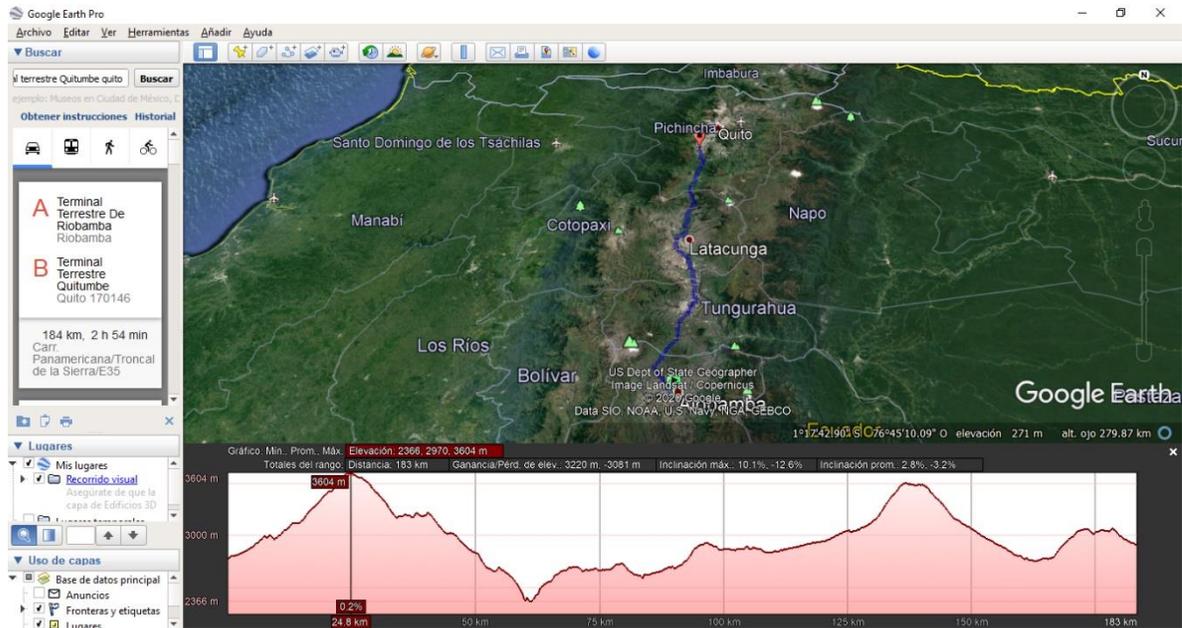


Figura 3-2. Geografía de la ruta Riobamba-Quito

Fuente: (Autores, 2020)

2.3.2 Ruta Riobamba-Guayaquil

Esta ruta la cubre el automotor con dorsal 18, el recorrido lo realiza de ida y vuelta realizando una parada de descanso en la ciudad de Guayaquil, el tiempo promedio q tarda en culminar el trazado es del 5 horas y 30 minutos, según Google Maps la distancia recorrida en carretera es de 227 Km y si tomamos en cuenta el retorno en total se cubre una distancia de 454 Km en 11 horas, la distancia mencionada se relaciona con el tramo desde el Terminal Terrestre de Riobamba hasta el Terminal Terrestre de Guayaquil, ubicado en las calles Av. Benjamín Rosales y Av. de Las Américas, el recorrido se lo realiza por las carreteras E487 y E40. En la figura 4-2 se observa la ruta propuesta por Google Maps en su versión para navegador.

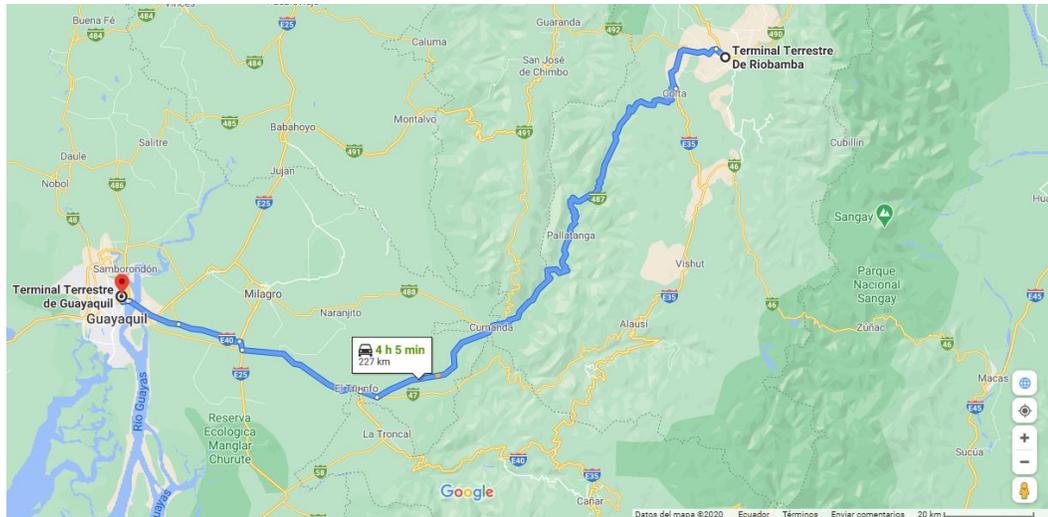


Figura 4-2. Ruta Riobamba-Guayaquil

Fuente: (Autores, 2020)

El tramo en mención, abarca las provincias de Chimborazo y Guayas que si bien la una provincia pertenece a la región sierra y la otra a la región costa del país, la mayoría del tramo se encuentra en la provincia de Chimborazo, el software Google Earth indica que 125 Km de los 227 Km de recorrido se lo realiza en la sierra, por lo que dicha ruta se la toma como un tramo dentro de la sierra ecuatoriana. El software en mención arroja los datos de altitud de la ruta, en donde se observa como altura máxima los 3860 msnm en el kilómetro 36 de recorrido y la altura mínima de 0 msnm al finalizar el recorrido, por lo cual se obtiene un promedio de altitud de 1315 msnm, además la inclinación máxima de esta ruta es de 9.9%, -10.7% con una inclinación promedio de 2.4%, -3.0 % (Google Earth, 2020). Las características de la ruta se las observa en la figura 5-2.

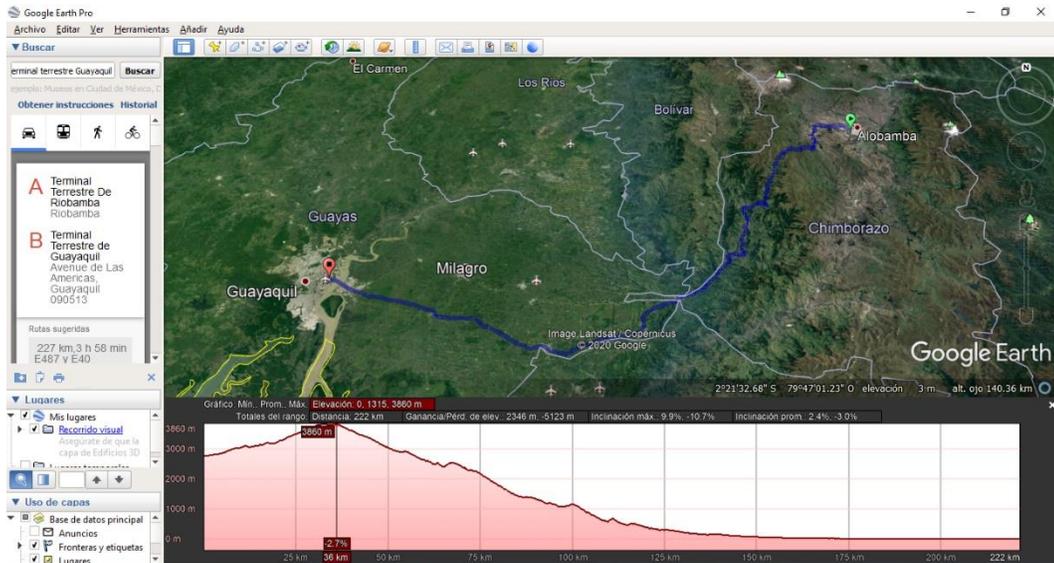


Figura 5-2. Geografía de la ruta Riobamba-Guayaquil

Fuente: (Autores, 2020)

2.3.3 Ruta El Carmen-Santo Domingo

Esta ruta es cubierta por dos automotores, los encargados de realizar este tramo es el automotor número 4 y el número 6, dicha ruta cubre la distancia de 34.8 Km desde el terminal Terrestre de El Carmen ubicado en las calles Av. 3 de Julio y Av. Chone hasta el terminal terrestre de Santo Domingo ubicado en las calles Av. Esmeraldas y Av. Abraham Calazacón, en la figura 6-2 se observa la ruta. El tiempo promedio del recorrido es de 1 hora, además estos automotores realizan el recorrido 4 veces en el día con un descanso entre cada recorrido, por lo cual la distancia total de ida y vuelta es de 278.4 Km con un tiempo total de 8 horas, la ruta en su mayoría se la realiza por la carretera E38.

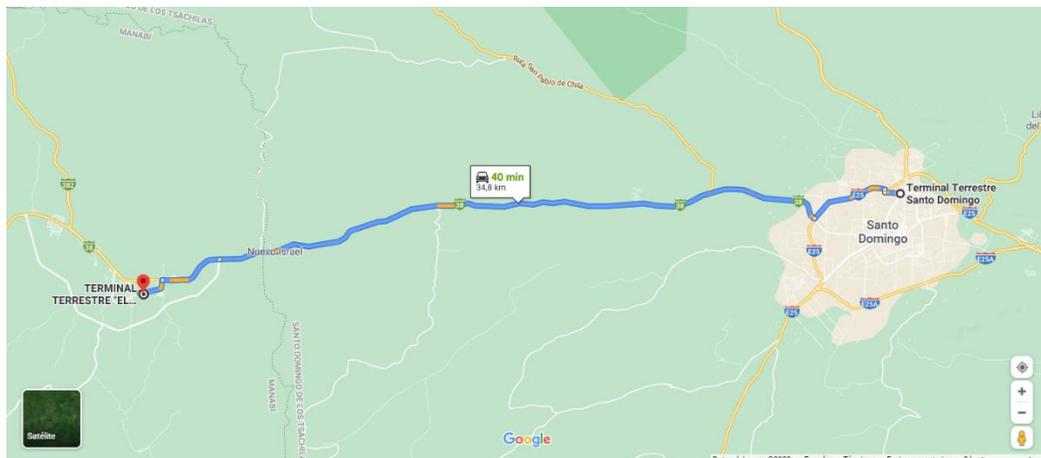


Figura 6-2. Ruta El Carmen-Santo Domingo

Fuente: (Google Maps)

La ruta en mención, pertenece a la provincia de Santo Domingo en la región costa del país, a través de Google Earth se observa que la ruta tiene una elevación máxima de 554 msnm en el kilómetro 0 de recorrido, una elevación mínima de 239 msnm en el kilómetro 34 de recorrido, por lo que se obtiene un promedio de 367 msnm, esta elevación corresponde a la geografía presente en la costa ecuatoriana, ya que la misma se encuentra prácticamente a nivel del mar, dentro de la ruta la inclinación máxima es de 5.7%, -6.2% con un promedio de 1.1%, -1.6% (Google Earth, 2020). En la figura 7-2 se observan los datos mencionados.

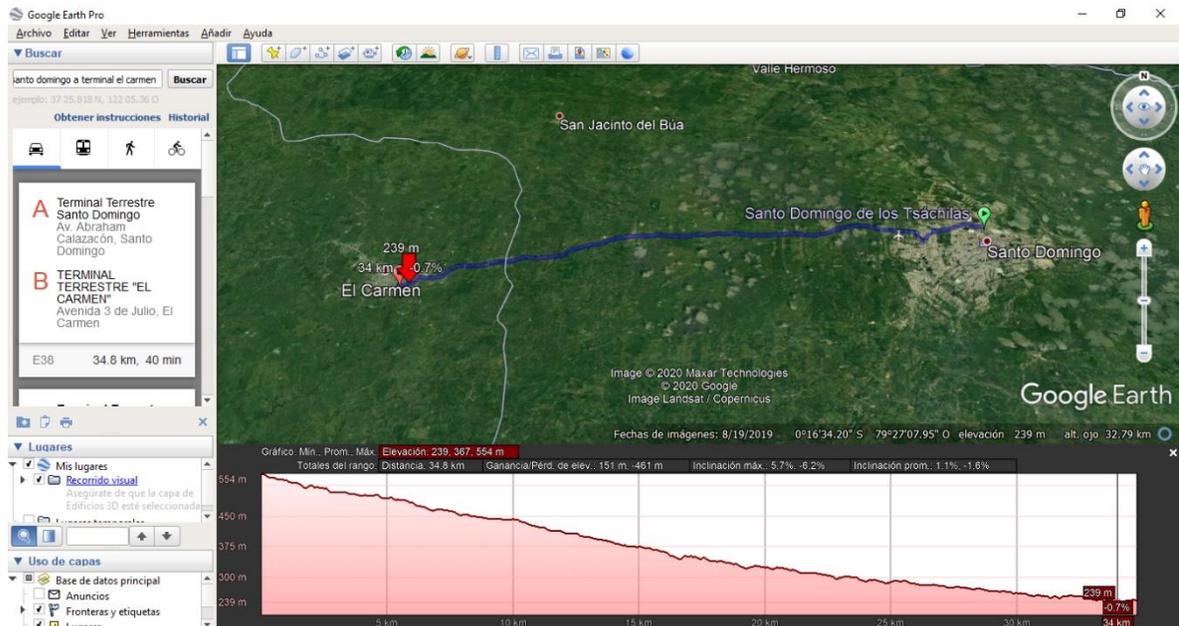


Figura 7-2. Geografía de la ruta El Carmen-Santo Domingo

Fuente: (Autores, 2020)

2.3.4 Ruta El Carmen-Pedernales

Para la mencionada ruta, las unidades destinadas a cubrir el tramo, son la número 4 y número 6, esta ruta tiene una distancia de 96.9 Km, la ruta es realizada tanto de ida como de vuelta por lo cual se obtiene una distancia total de 193.8 Km, se realiza una parada de descanso entre el viaje de ida y el de vuelta, el tiempo promedio es de 2 horas con un tiempo total de recorrido de 4 horas, esta ruta se la realiza por la carretera E 382, la distancia mencionada abarca desde el terminal Terrestre El Carmen hasta el Terminal Terrestre de Pedernales, la ruta se la observa en la figura 8-2.

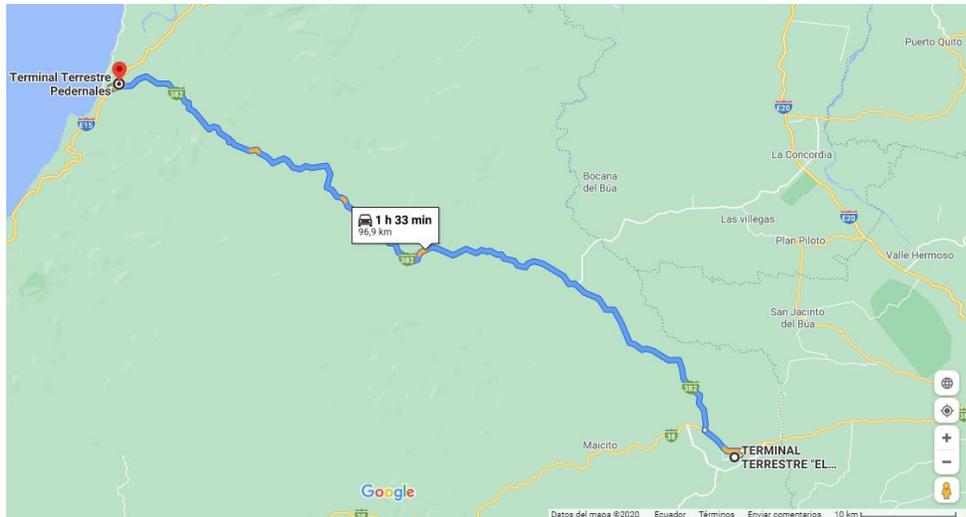


Figura 8-2. Ruta El Carmen-Pedernales

Fuente: (Autores, 2020)

La ruta atraviesa las provincias de Santo Domingo y Manabí, estas provincias perteneces a la región litoral del país, por lo cual los datos de elevación obtenidos por Google Earth tienen una tendencia baja, la elevación máxima es de 454 msnm en el kilómetro 60.4 de recorrido, la elevación mínima es de 27 msnm en el kilómetro 91.1 de recorrido, además se observa una inclinación máxima de 13.0%, -15.1% con una inclinación promedio de 2.8%, -2.6% (Google Earth, 2020). A través de estos datos se observa la influencia de la geografía costera del país al presentar niveles cercanos a los del nivel del mar, que es una característica de la región costa, los datos se observan en la figura 9-2.

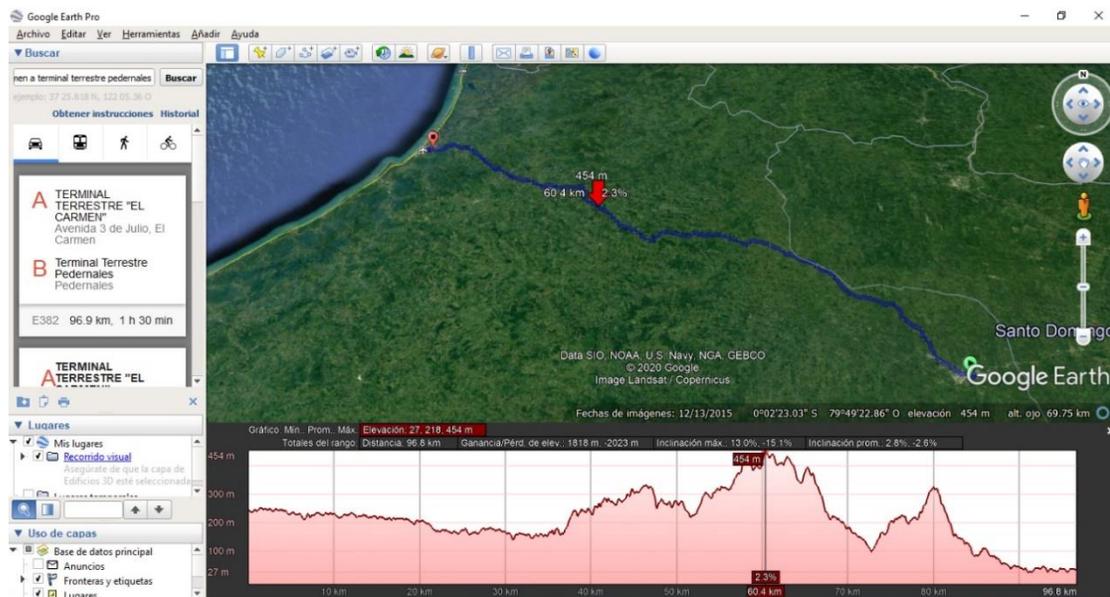


Figura 9-2. Geografía de la ruta El Carmen-Pedernales

Fuente: (Autores, 2020)

2.4 Cambio de aceite

El cambio de aceite es una operación de mantenimiento la cual se realiza a cierto intervalo de tiempo, Kirloskar en su texto señala “la vida útil de los motores diésel dependen del buen uso y sobre todo del buen mantenimiento” (Kirloskar, 2007 p.2), por ello resulta importante realizar el cambio de aceite a tiempo.

Para la investigación se realizó esta operación a más de cambiar el filtro de aceite en los tres automotores, para tomar como punto de referencia el kilometraje en ese momento, y de esa manera encerrar los motores, en la tabla 2-2 se observa la referencia de kilometraje utilizada como punto 0 o de partida para la toma de muestras.

Tabla 2-2: Kilometrajes para referencia 0

Unidad N°	Fecha	Lugar	Kilometraje Vehículo
18	03/12/2020	Riobamba	159 993
4	24/12/2020	El Carmen	736 100
6	24/12/2020	El Carmen	170 426

Realizado por: Autores, 2020

2.5 Muestreo

Las muestras de aceite se las toma a diferentes intervalos de kilometraje, se propone el muestreo a los 3 000 km, 6 000 km y 8 500 km, en los tres automotores antes descritos; como se mencionó en el capítulo anterior el muestreo consiste en una toma de muestras de manera periódica para ser evaluados con la finalidad de detectar anomalías de forma rápida y eficiente (Intertek, 2017, pp-3-5).

2.5.1 Control de muestreo

Se establece un control de las muestras obtenidas mediante una tabla de Excel, de esta manera se asegura la toma de muestra al kilometraje idóneo, a más de registrar la fecha y las condiciones atmosféricas al momento de la toma de muestra, en la tabla 3-2 se observa el control realizado en la primera muestra obtenida a los 0 Km (aceite nuevo), en la tabla 4-2 se observa el control de la segunda muestra obtenida a los 3 000 Km de recorrido, en la tabla 5-2 se observa el control de muestreo en la tercera toma a los 6 000 Km y en la tabla 6-2 se observa el control sobre la muestra obtenida a los 8 500 Km.

Tabla 3-2: Control de la muestra 1

Unidad N°	Fecha	Lugar	Kilometraje Vehículo	Kilometraje muestra	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Humedad relativa	Presión (hPa)
18	03/12/2020	Riobamba	159993	0	12	2754	80%	1018
4	24/12/2020	El Carmen	736100	0	26	236	82%	1015
6	24/12/2020	El Carmen	170426	0	26	236	82%	1015

Realizado por: Autores, 2020

Tabla 4-2: Control de la muestra 2

Unidad N°	Fecha	Lugar	Kilometraje Vehículo	Kilometraje muestra	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Humedad relativa	Presión (hPa)
18	15/12/2020	Riobamba	162993	3000	19	2754	53%	1012
4	7/12/2020	El Carmen	739100	3000	23	236	75%	1013
6	7/12/2020	El Carmen	173426	3000	23	236	75%	1013

Realizado por: Autores, 2020

Tabla 5-2: Control de la muestra 3

Unidad N°	Fecha	Lugar	Kilometraje Vehículo	Kilometraje muestra	Temperatura °C	Altitud (msnm)	Humedad relativa	Presión (hPa)
18	29/12/2020	Riobamba	165993	6000	18	2754	65%	1015
4	21/01/2021	El Carmen	742100	6000	25	236	72%	1013
6	21/01/2021	El Carmen	176426	6000	25	236	72%	1013

Realizado por: Autores, 2020

Tabla 6-2: Control de la muestra 4

Unidad N°	Fecha	Lugar	Kilometraje Vehículo	Kilometraje muestra	Temperatura °C	Altitud	Humedad relativa	Presión (hPa)
18	10/01/2020	Riobamba	168493	8500	16	2754	68%	1020
4	31/01/2021	El Carmen	744600	8500	24	236	75%	1012
6	31/01/2021	El Carmen	178926	8500	24	236	75%	1012

Realizado por: Autores, 2020

2.5.2 Herramientas para muestreo

Se van a necesitar unos ciertos elementos para la toma de muestras los cuales unos serán entregados por el laboratorio con el cual vamos a hacer el análisis del aceite y otros por la no obtención de ese elemento en el mercado los tuvimos que fabricar para que la toma de muestra sea lo más limpia y pura sin involucrar agentes exteriores como es el contacto con la piel humana, suciedad entre otras.

2.5.2.1 Envase

El envase de plástico fue adquirido en la empresa que tiene el laboratorio, en si es una botella de plástico ya que el plástico es un material muy versátil con el cual se pueden fabricar un sin número de elementos, este envase viene desinfectado y completamente sellado solo se lo abre para cuando se tome la muestra para evitar el contacto con otros agentes que pueden modificar el análisis del aceite.



Figura 10-2. Envase para muestra de aceite

Fuente: Autores

2.5.2.2 Ficha de datos de muestreo

La ficha de datos de muestreo es en donde van a ir todas las características tanto del aceite como del motor que pide el laboratorio para tener datos iniciales y así puedan ejecutar el análisis, en los datos que requieren son:

- Fecha de muestra
- Tipo y Marca de Aceite
- Sitio de trabajo
- Kilometraje
- Modelo de motor
- API
- SAE
- Componente del cual se obtuvo, entre otros.

IASA | ANÁLISIS DE ACEITE
(Tomar la muestra mientras el aceite está caliente)

Nombre del Propietario _____ Fecha de la Muestra _____ Aceite Añadido _____
Sitio de Trabajo _____ Lectura de Horómetro o Km _____ Hrs./Km de Aceite
Marca lo que corresponde _____
Modelo/Marca _____ Número de Serie _____ Número de la Unidad _____
Aceite (marca) _____ API _____ SAE _____

¿Se cambió el aceite cuando tomaste la muestra? SI NO
¿Se cambió el filtro de aceite cuando tomaste la muestra? SI NO
¿El particulado mostrado en el filtro de aceite es? normal monitoreo urgente
¿El particulado mostrado en el tapón magnético/rejilla es? normal monitoreo urgente

Observaciones: _____ Orden de Trabajo: _____

Componente del que se tomó la muestra
 Motor
 Transmisión
 Sistema Hidráulico
 Mando Final Derecho
 Mando Final Izquierdo
 Eje Delantero
 Eje Trasero

IASA LABORATORIO
ISO-9001 Services Certified Dealer

Materia IASA Guayaquil
Av. Juan Tama Mierango Km 3
Tel.: (04) 3731777

RG.RP.SOS.11 v2

Figura 11-2. Ficha de muestreo

Fuente: Autores

2.5.2.3 Bomba de vacío fabricada

La bomba de vacío es un equipo mecánico diseñado para extraer líquidos o gases del interior de un recipiente y ponerlo en otro o mandarlo al ambiente mediante el trasiego de los líquidos/gases que contienen. Este flujo hace que se forme una diferencia de presión medida en relación a la presión atmosférica o con referencia a un punto de trabajo concreto (BECKER, 2018).

Existen varias marcas y modelos respecto a este tipo de bombas, pero en cuestión de precio y eficiencia no encontramos una bomba que se acople a nuestra necesidad ya por falta de stock o por el mal funcionamiento de las mismas, entonces la solución que encontramos fue realizar una bomba de vacío casera, la cual nos ayudó a sacar la muestra de manera efectiva y limpia como se requería.

❖ **Materiales para la elaboración de la bomba de vacío**

- 2 jeringuillas de 10ml
- 2 jeringuillas de 5ml
- 1 unión T de cobre
- Cinta aislante
- 3 metros de tubo plástico
- Esponja
- 1 jeringuilla de 60ml

❖ **Elaboración**

Para la elaboración de esta bomba primero que tenemos que hacer es cortar las jeringuillas de 10 ml a la altura de 2ml y las jeringuillas de 5ml a la altura de 3 ml también con su émbolo para utilizar solo las partes en donde se acoplan las agujas.

Lo que hay que hacer después es introducir en la jeringuilla de 10ml la cabeza del embolo de la de 3ml sellando la punta y al otro lado introducir la cabeza de la jeringuilla de 5ml colocando antes un pedazo de esponja en el interior para que empuje el embolo, de manera firme debemos sellar con cinta aislante para que no exista fugas de aire por las uniones porque estas servirán como válvulas de no retorno.

Entonces al final solo deberemos unir las mediante tubo de plástico, debemos aclarar que las válvulas de no retorno deben ir colocadas al mismo sentido una a cada lado de la unión t y en la parte de debajo acoplaremos la jeringuilla más grande de 60 ml que será la que no da la presión para que funcione.



Figura 12-2. Materiales para elaborar bomba de vacío

Fuente: Autores



Figura 13-2. Bomba de vacío casera después de la toma

Fuente: Autores

2.5.2.4 Vestimenta

La vestimenta adecuada para la toma de muestras se detalla a continuación, se debe usar la vestimenta descrita para evitar la contaminación de la muestra.

- Mandil de la escuela
- Guantes blancos
- Gafas de protección

2.5.2.4 Bomba de vacío 1U-5718

La muestra idealmente se la toma con la bomba de vacío o vampiro proporcionada por el laboratorio, por motivos de pandemia existe un escaso stock de este instrumento, motivo por el cual la muestra de 3 000 km de la unidad 18 fue extraída por la bomba fabricada, mientras que las demás muestras se las obtuvo con la bomba IU-5718. Mencionada bomba sirve para la extracción de muestras de líquidos de sistemas presurizados y no presurizados, admite mangueras y botellas de distintas dimensiones y su accionamiento es manual. (CATERPILLAR, 2009, pp-6-10).



Figura 14-2. Bomba de vacío 1U-5718 de CAT

Fuente: Autores

2.5.3 Técnica de muestreo

Para extraer las muestras de aceite, se debe seguir indicaciones para que las mismas no sean contaminadas y los datos arrojados por el laboratorio no sean alterados por el fenómeno antes descrito, la muestra se debe obtener cuando el vehículo se encuentre en un entorno limpio y sin humedad además los recipientes para la muestra deben ser los apropiados, se utiliza un frasco dotado por el laboratorio y el mismo se llena con la muestra de aceite hasta el nivel indicado, dicho nivel son 133 cc.

Se utiliza la técnica de extracción por vacío, la misma se la realiza mediante una bomba de vacío denominada *VAMPIRO*, dicha bomba tiene codificación IU5718, se utiliza este método ya que el motor no cuenta con el servicio de acople rápido para extraer las muestras, se utiliza una manguera plástica transparente de ¼ de pulgada, la cual debe ser introducida a través de la varilla indicadora

de nivel hasta el cárter del motor, de esta manera la bomba succionará el aceite hasta el recipiente (CATERPILLAR, 2009, pp-6-10).

Para iniciar el proceso, se debe encender el motor y dejarlo funcionar en ralentí de 3 a 5 minutos, para que el aceite recorra el circuito de lubricación y el mismo se caliente, durante esos minutos, se corta la manguera con una longitud de 1.5m, a continuación, se introduce la manguera en la bomba a través del ducto que contiene la misma, véase la figura 15-2, la manguera debe sobresalir 2 cm sobre el nivel en el cual se introduce la botella esta acción se observa en la figura 16-2, a continuación se asegura la manguera mediante el tornillo de ajuste de la bomba, posterior a esto, se enrosca la botella en la bomba, figura 17-2, de este modo la bomba se encuentra lista para extraer la muestra (CATERPILLAR, 2009, pp-6-10).



Figura 15-2. Manguera introducida en la bomba de vacío

Fuente: (Autores, 2020)



Figura 16-2. Manguera sobresaliendo 2 cm

Fuente: (Autores, 2020)



Figura 17-2. Botella enroscada en bomba de vacío

Fuente: (Autores, 2020)

A continuación, se apaga el motor y con la ayuda de una franela limpia se procede a limpiar el área de la varilla indicadora de nivel de aceite, posteriormente se extrae la varilla indicadora y se introduce la manguera procurando que la misma no se tope con la superficie del motor, en la figura 18-2 se observa esta acción, una vez introducida la manguera si la empuja hasta que la misma llegue hasta el cárter (CATERPILLAR, 2009, pp-6-10).



Figura 18-2. Manguera introducida a través de la varilla indicadora de nivel

Fuente: (Autores, 2020)

Se procede a accionar la bomba con la ayuda del pasador de bombeo que contiene la misma, véase la figura 19-2, esta acción se mantiene hasta que el aceite salga desde el cárter hacia la botella, es importante detener la acción de bombeo cuando la muestra de aceite se encuentre en el nivel indicado por el envase, posterior a esto, se levanta la manguera del cárter sin extraerla y se da bomba dos veces más, a continuación, se debe desmontar la botella de la bomba de vacío y enseguida tapparla con la tapa del mismo frasco, en la figura 20-2 se observa la muestra obtenida (CATERPILLAR, 2009, pp-6-10).



Figura 19-2. Bombeo para extracción de la muestra

Fuente: (Autores, 2020)



Figura 20-2. Muestra obtenida

Fuente: (Autores, 2020)

Para finalizar el proceso de toma de muestra, se extrae la manguera sonda del ducto de la varilla indicadora y a su vez la bomba debe colocarse de manera que el acople de la botella mire hacia arriba, para finalizar se afloja el tornillo de ajuste y se extrae la manguera de la bomba asegurándose de que la misma se encuentre limpia (CATERPILLAR, 2009, pp-6-10).

2.6 Control de ruta

Se sigue un control de ruta a través de una hoja de Excel, con el fin de determinar el kilometraje recorrido por cada unidad en la región correspondiente, además se controla las condiciones atmosféricas a las cuales están sometidas las unidades, en la tabla 7-2 se observa el control de ruta del automotor designado con el dorsal 18, las tablas de control de ruta de las unidades 4 y 6 se encuentran en los anexos E y F.

Tabla 7-2: Control de ruta unidad 18

Fecha	Ruta	Distancia (KM)	Altura inicio (msnm)	Altura fin (msnm)	Altura Promedio (msnm)	Temperatura inicio (°C)	Temperatura fin (°C)	Temperatura promedio (°C)	Humedad promedio viaje (%)
04/12/2020	Riobamba - Guayaquil	227	2754	4.02	1379.01	5	22	13.5	71
04/12/2020	Guayaquil - Riobamba	227	4.02	2754	1379.01	28	18	23	71
06/12/2020	Riobamba - Quito	191	2754	2850	2802	6	18	12	57
06/12/2020	Quito - Riobamba	191	2850	2754	2802	18	13	15.5	57
07/12/2020	Riobamba - Guayaquil	227	2754	4.02	1379.01	4	22	13	82
07/12/2020	Guayaquil - Riobamba	227	4.02	2754	1379.01	31	18	24.5	82
08/12/2020	Riobamba - Quito	191	2754	2850	2802	6	16	11	76

08/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	16	15	15.5	76
10/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	6	18	12	69
10/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	21	12	16.5	69
12/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	9	15	12	72
12/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	13	7	10	72
14/1 2/20 20	Riobamba - Guayaqui l	227	2754	4.02	1379.01	12	25	18.5	78
14/1 2/20 20	Guayaqui l- Riobamba	227	4.02	2754	1379.01	23	16	19.5	78
16/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	6	18	12	76
16/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	16	13	14.5	76
18/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	6	16	11	79
1812 /202 0	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	21	15	18	79

20/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	9	18	13.5	69
20/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	13	12	12.5	69
22/1 2/20 20	Riobamba - Guayaqui 1	227	2754	4.02	1379.01	12	15	13.5	81
22/1 2/20 20	Guayaqui 1- Riobamba	227	4.02	2754	1379.01	23	22	22.5	81
24/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	6	16	11	73
24/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	16	15	15.5	73
28/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	6	18	12	78
28/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	21	12	16.5	78
29/1 2/20 20	Riobamba -Quito	191	2754	2850	2802	9	15	12	80
29/1 2/20 20	Quito- Riobamba	191	2850	2754	2802	13	7	10	80

Realizado por: Autores, 2020

2.7 Variables de estudio

Para determinar el desgaste del aceite, en la investigación se toma como variables dependientes: viscosidad, hollín, oxidación, nitratación, sulfatación, las cuales se enmarcan dentro de la condición del aceite, además de los metales como: calcio, magnesio, zinc y fósforo, los mismos que pertenecen al paquete de aditivos del aceite y son parte de los elementos de desgaste, con ello se obtiene un total de 9 variables, en la tabla 8-2, se observa las variables con su abreviación y grupo al que pertenece.

Tabla 8-2: Clasificación de las variables

Clasificación	Variable	Abreviación
Condición de aceite	<i>Viscosidad</i>	V100
	<i>Hollín</i>	ST
	<i>Oxidación</i>	OXI
	<i>Nitratación</i>	NIT
	<i>Sulfatación</i>	SUL
Elementos de desgaste (paquete de aditivos)	<i>Calcio</i>	Ca
	<i>Magnesio</i>	Mg
	<i>Zinc</i>	Zn
	<i>Fósforo</i>	P

Realizado por: (Autores, 2020)

Con las variables definidas, según Juan Rocha para darle el tratamiento estadístico de los resultados a obtener, se debe tener en cuenta los factores y niveles que producen combinaciones de las mismas, en la tabla 9-2 se observa esta clasificación (Rocha et al., 2019: pp.140-141). Dentro de los factores en primera instancia se encuentra las unidades de estudio, en donde se enmarcan las unidades 4, 6 y 18 descritas con anterioridad, las mismas que presentan distintas características, otro elemento dentro de los factores son las condiciones geográficas, dentro de este grupo está la sierra y la costa, las mismas presentan diferentes características en la temperatura, humedad, altura e inclinación a lo largo de su geografía, otro factor son los motores, aquí se destaca los niveles de kilometraje, ya que presentan distinto kilometraje recorrido, como último factor se tiene el análisis de aceite, con los niveles de: control de laboratorio el cual nos indica si existen anomalías que reportar, también se encuentra el nivel de elementos de desgaste, que varía según la muestra analizada, y la condición del aceite que similar al anterior varía sus valores según la muestra analizada por el laboratorio.

Tabla 9-2: Factores y niveles de las variables

FACTORES	NIVELES
<i>Unidades de estudio</i>	Disco 4
	Disco 6
	Disco 18
<i>Condiciones Geográficas</i>	Sierra
	Costa
<i>Motores</i>	Kilometraje
<i>Análisis de aceite</i>	Control de laboratorio
	Elementos de desgaste
	Condición del aceite

Realizado por: (Autores, 2020)

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El laboratorio IASA ubicado en la ciudad de Guayaquil, proporciona los resultados del análisis de aceite, estos resultados tienen forma de ficha técnica en donde se detalla el control de laboratorio, los elementos de desgaste y las condiciones del aceite o el conteo de partículas. En la figura 1-3 se observa el resultado obtenido del análisis de aceite del aceite cuando este tiene 0 Km de recorrido (nuevo).

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO Robamba		CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES	ORIGEN DE TRABAJO: LABORATORIO	 IASA CAT Av. Juan Tanco Marengo Km.3 Guayaquil, Ecuador 593-4-3731777, Ext. 1417 http://iasaglobal.com/
NÚMERO DE RECEPCION: CHEVRON_CH		COMPONENTE: MOTOR	SERIE COMPONENTE:	
NÚMERO DE SERIE: CHEVRON_CH		MARKA: OTHER	MODELO DEL COMP.:	
TIPO DE MUESTRA: ACEITE		MARKA/RANCHO/ACEITE: CHEVRON15W40	TIPO DE FLUIDO: CI-4	
PRECIA PROCESO		PRECIA MUESTREO	UNIDADES DEL BOLLADO	UNIDADES DEL BOLLADO
# CONTROL LABORATORIO		FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	INDICADOR
840-5025-006		10/2020	10/2020	0
Normal		ES NECESARIO MÁS MUESTRAS Y LAS HORAS DE USO DEL ACEITE PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DESGASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOME OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES VERIFICANDO EL HORÓMETRO Y HORAS DE USO DEL ACEITE PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.		

Elementos de desgaste (ppm)	Ca	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mn	Ni	V	Cu	Mg	Zn	P
840-5025-006	0	2	0	4	0	0	0	1	1	2	0	0	302	11	1105	94

Condiciones de aceite / Conteo Partículas	ST	CO	MT	SUL	W	A	F	V100
840-5025-006	0	11	4	17	N	N	N	1430

Ag = Plomo, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, K = Potasio, Ni = Níquel, Mg = Magnesio, Mn = Manganeso, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticorrosivos, P = Combustibles, W = Agua, F = Fósforo, S = Sulfuro, ST = Sulfato, CO = Oxidación, MT = Metales, SUL = Sulfuro, W = Agua, A = Anticorrosivos, F = Fósforo, V100 = Velocidad a 100°C, V10 = Velocidad a 10°C, V1 = Velocidad a 1°C.

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

Figura 1-3. Ficha de resultados

Fuente: (Autores, 2020)

Todos los resultados de las muestras enviadas obedecen a esta presentación, en la mencionada ficha en primera instancia se observan los datos de cliente y del tipo de aceite, así se observa que el aceite analizado es de motor, marca CHEVRON, con SAE 15W40 y API CI-4. El control de laboratorio indica que el aceite tiene un estado normal enmarcado en un recuadro verde, en la figura 2-3 se observa mencionado control. Todos los resultados obedecieron a un control de índice normal por parte del laboratorio.

CONTROL LABORATORIO

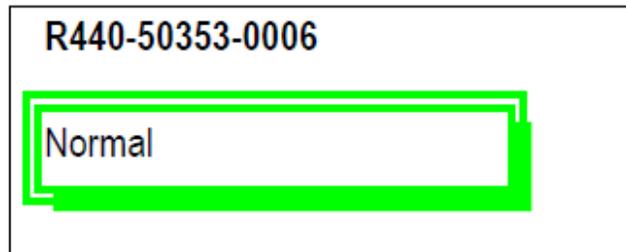


Figura 2-3. Resultado de control de laboratorio

Fuente: (Autores, 2020)

El siguiente punto que muestra el resultado de laboratorio son los elementos de desgaste, en la figura 3-3 se observan los resultados, finalmente en la ficha de resultados se observa la condición de aceite o el conteo de partículas, en la figura 4-3 se observan estas condiciones

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P
R440-50353-0006	0	2	0	4	0	0	0	1	1	2	0	0	2472	11	1135	944

Figura 3-3. Resultado de elementos de desgaste

Fuente: (Autores, 2020)

Condición de aceite / Conteo Partículas	ST	OXI	NIT	SUL	W	A	F	V100
R440-50353-0006	0	11	4	17	N	N	N	14.399

Figura 4-3. Resultado de condición de aceite

Fuente: (Autores, 2020)

Las variables que se mencionaron en el capítulo II, se las observa en las figuras antes descritas las mismas que pertenecen a la ficha de resultados del análisis de aceite, para una mejor comprensión de los resultados, los datos obtenidos se los recopilará en tablas designadas para cada variable, se designa el color azul a la unidad de estudio designada con el disco 18 perteneciente a la sierra, la unidad de estudio número 4 que opera en la costa se la designa con el color tomate, mientras que a la unidad con dorsal 6 se le designa el color amarillo, estos colores estarán presentes a lo largo de todas las tablas y gráficos.

3.1 Resultados de Viscosidad V100

En la tabla 3-1 se muestra los resultados obtenidos de viscosidad de las unidades de estudio designadas con los dorsales 4, 6 y 18 además se observan los datos acordes al kilometraje recorrido, los datos están en función a la unidad de viscosidad cSt a 100 grados centígrados.

Tabla 1-3: Viscosidad en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	14.399	14.294	14.266	14.38
4	14.399	14.380	14.162	14.255
6	14.399	14.214	14.121	14.079

Realizado por: (Autores, 2020)

Los datos de la tabla se los representa gráficamente con la ayuda de EXCEL, en el gráfico 1-3 se observa un diagrama de barras, en donde los datos exponen que a los 0 Km de recorrido todas las unidades de estudio parten de la misma condición de viscosidad, en este kilometraje se encuentra el valor máximo con 14.399 cSt, a medida que avanza el kilometraje se puede apreciar la variación que tienen los datos, en donde se observa la disminución del valor de V100 en todas las unidades de estudio, mientras que a los 8 500 Km de recorrido se observa un incremento en el valor de viscosidad en las unidades 18 y 4, caso contrario sucede en la unidad 6 ya que el valor decrece hasta convertirse en el valor mínimo con 14.079 cSt.

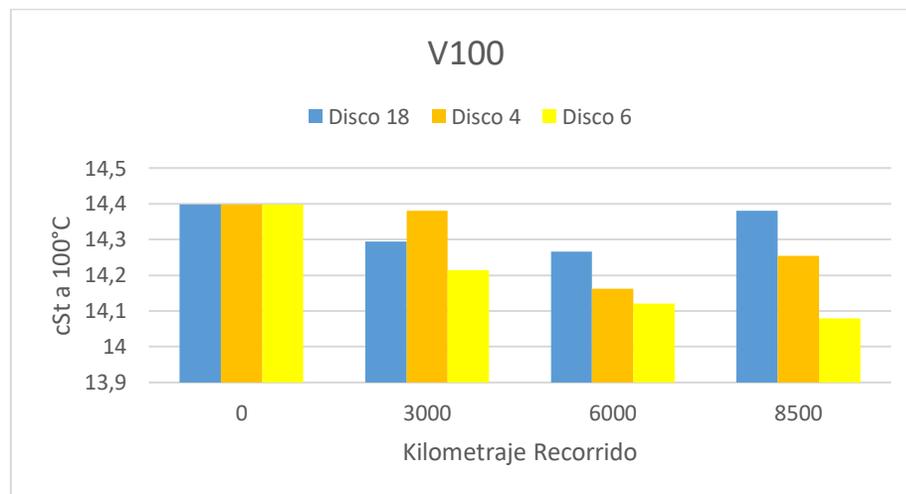


Gráfico 1-3. Diagrama de barras de la viscosidad

Fuente: (Autores, 2020)

En el gráfico 2-3 se observan los datos de viscosidad en forma de gráfico de dispersión, en ella se visualiza una notoria curva de bañera en todas las gráficas descritas por las unidades de estudio, ya que el valor de V100 decrece a los 3 000 Km hasta los 6 000 Km de recorrido, mientras que desde

los 6 000 hasta los 8 500 Km se nota el crecimiento en el valor de la variable, este efecto se nota claramente en la unidad 18 ya que el valor de viscosidad se encuentra muy próximo al valor inicial, en la unidad 4 también se nota este efecto pero el valor final no se encuentra tan cercano al valor inicial, la unidad 6 describe un decrecimiento a lo largo de todo el kilometraje, sin embargo la viscosidad de esta unidad aumentará con el paso de los kilómetros ya que la viscosidad en el aceite obedece a la tendencia de recuperar su valor inicial, en las curvas se observa que los datos de todas las unidades parten de un punto en común, pero a medida que avanza el kilometraje estos toman tendencia propia.

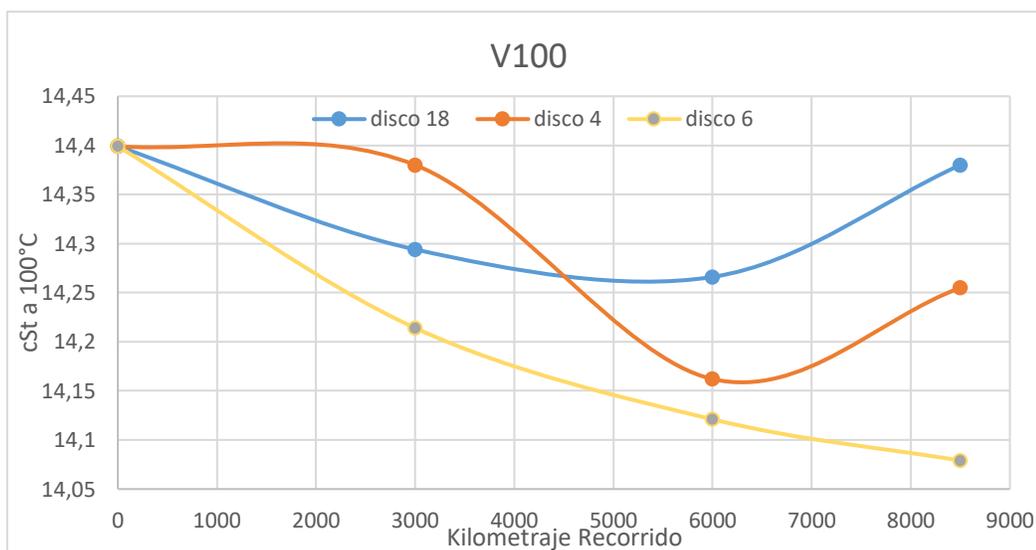


Gráfico 2-3. Gráfico de dispersión de la viscosidad

Fuente: (Autores, 2020)

La viscosidad depende de la temperatura del lubricante, esta característica indica como fluirá el aceite, y resulta sumamente importante ya que este debe ser capaz de mantener el grosor apropiado de la película lubricante a altas temperaturas, si la viscosidad es baja se producirá desgaste, mientras que si la viscosidad es alta el aceite no fluirá hacia las partes que necesitan lubricación (CATERPILLAR, 2017, p.9)

3.2 Resultados de Hollín ST

En la tabla 2-3 se muestran los resultados de hollín en partículas por millón (ppm) obtenidos de los tres motores analizados a lo largo del kilometraje, se inicia con 0 Km de recorrido con los valores obtenidos de la muestra 1 detallada en el capítulo II. Este resultado proviene de la prueba de laboratorio sometida a FTIR (Infrarrojo Transformada de Fourier), este método se encuentra detallado

en el capítulo I, en la tabla se observa que el valor inicial es de 0 ppm y el valor va incrementando a medida que el kilometraje avanza.

Tabla 2-3: Hollín en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	0	16	28	36
4	0	15	26	33
6	0	10	16	21

Realizado por: (Autores, 2020)

Los datos de Hollín se los grafica con la ayuda de Excel, en el gráfico 3-3 se observa un diagrama de barras, en el cual se observa un aumento notorio en el valor de esta variable, siendo la unidad 18 quien presenta los valores más altos, las unidades 4 y 6 también presentan mencionado aumento, pasando de 0 ppm en los 0 Km de recorrido hasta valores de 36 ppm en la unidad 18, 33 ppm en la unidad 4 y 21 ppm en la unidad 6 al final del recorrido a los 8 500 Km.

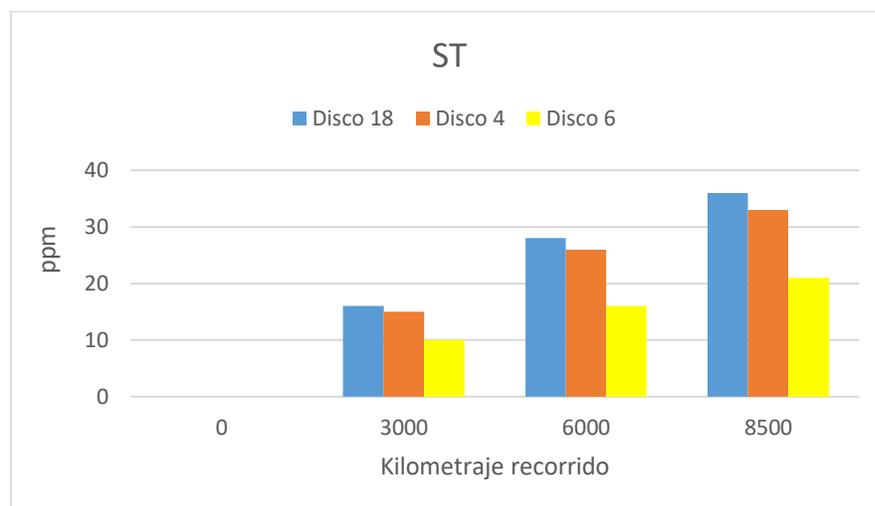


Gráfico 3-3. Diagrama de barras del hollín

Fuente: (Autores, 2020)

En el gráfico 4-3 se observan los datos de ST en una curva, en donde se nota claramente la tendencia al incremento de este valor, se observa que la unidad 18 es la que genera la curva con mayor proporción, mientras que la curva de la unidad 6 se encuentra en la parte inferior, de esta manera existe una clara diferencia entre las unidades de estudio y los datos arrojados por las mismas.



Gráfico 4-3. Gráfico de dispersión del hollín

Fuente: (Autores, 2020)

El hollín es un residuo insoluble producto de las combustiones parciales, se mantiene en suspensión por los aditivos del aceite, tiene un aspecto similar a la ceniza, pero de un tono más oscuro, motivo por el cual el aceite lubricante toma un color negro, el hollín genera que los aditivos del aceite desaparezcan y que la viscosidad aumente, ya que el hollín es abrasivo y causa desgaste en el motor, cuando los niveles de hollín sean mayor que el de los aditivos, las partículas dejarán de estar en suspensión causando excesivo desgaste (CATERPILLAR, 2017, p.10).

El exceso de hollín en un motor a diésel causa abrasión y formación de lodos, logrando que el aceite pierda su flujo e impidiendo que el aceite lubrique en lugares de difícil acceso obteniendo desgastes en las piezas móviles (Mejía, 2015, p.37).

3.3 Resultados de Oxidación OXI

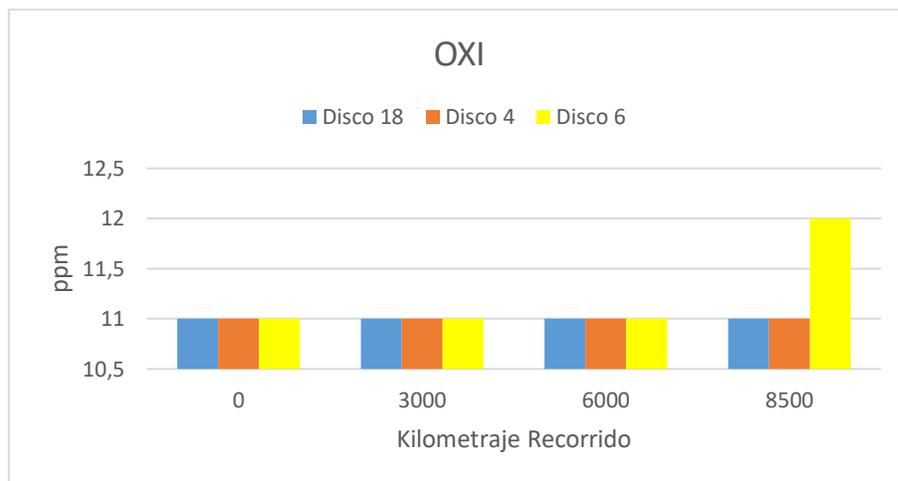
Al igual que los anteriores resultados, la oxidación se muestra en la tabla 3-3, el resultado de este contaminante se lo tabula en ppm, los resultados recopilados en la tabla obedecen a las unidades de estudio en relación al kilometraje recorrido

Tabla 3-3: Oxidación en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	11	11	11	11
4	11	11	11	11
6	11	11	11	12

Realizado por: (Autores, 2020)

Los datos de esta variable al igual que las demás, se la graficó en Excel, en el gráfico 5-3 se observan dichos datos en barras, de donde se destaca que el valor se mantiene constante hasta los 6 000 km de recorrido en todas las unidades, a los 8 500 km de recorrido la unidad de estudio designada con el número 6 cambia su valor de 11 a 12 ppm.



Gráfica 5-3. Diagrama de barras de la oxidación

Fuente: (Autores, 2020)

En el gráfico 6-3 se observa el gráfico de dispersión, se nota claramente una línea horizontal mostrando así el valor constante de 11 ppm en todas las unidades de estudio hasta los 6 000 Km de recorrido, la unidad 6 presenta la única diferencia pasando de 11 a 12 ppm a los 8 500 Km

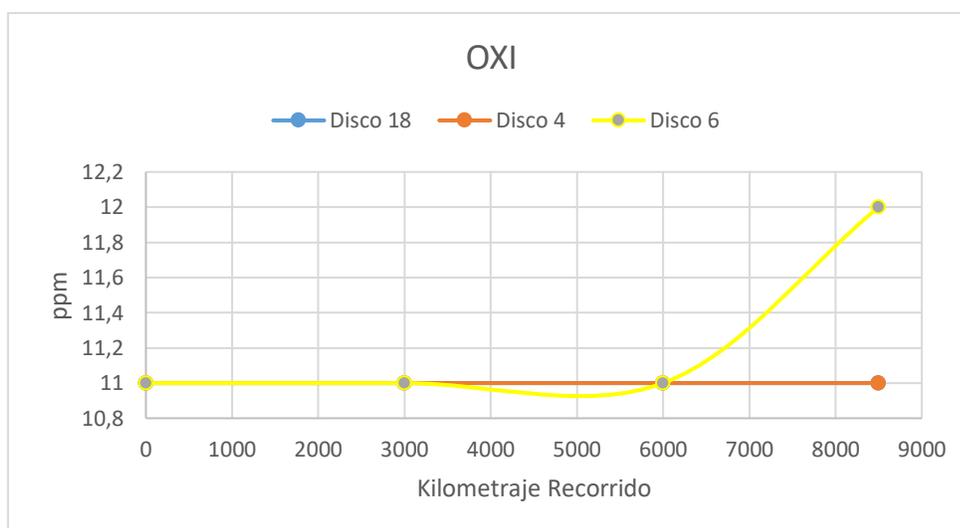


Gráfico 6-3. Gráfico de dispersión de la oxidación

Fuente: (Autores, 2020)

La oxidación, se produce mediante la unión química de las moléculas de oxígeno con las moléculas de aceite, ocurre una aceleración de esta reacción cuando las temperaturas del aceite son altas, la presencia de oxidación tiene como consecuencia que el aceite tenga una pérdida de sus propiedades, elevación de la viscosidad y la formación de ácidos poniendo en peligro la vida útil de los componentes del motor (Mejía, 2015, p.38).

En un motor diésel cuando el aceite lubricante se oxida, éste pierde la capacidad de proteger las piezas móviles, ya que cuando existe excesiva oxidación en el lubricante el aceite se vuelve más viscoso, se forman ácidos y se forman depósitos (CATERPILLAR, 2017, p.9).

3.4 Resultados de Nitratación NIT

El resultado de nitratación es obtenido por el laboratorio al aplicar el ensayo FTIR, los datos se los recopila en la tabla 4-3 en donde se observa este resultado en términos de ppm en función del kilometraje recorrido por cada unidad de estudio, el valor base es de 4 ppm a los 0 Km de recorrido, en la tabla se nota el aumento de este valor al pasar a 5 ppm en todas las unidades de estudio.

Tabla 4-3: Nitratación en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	4	4	5	5
4	4	5	5	5
6	4	4	5	5

Realizado por: (Autores, 2020)

Los datos de nitratación, siguen el tratamiento mediante Excel como las anteriores variables, en el gráfico 7-3 se observa el diagrama de barras, en donde se nota el incremento del valor, pasando de 4 ppm a 5 ppm a lo largo del kilometraje, este incremento se da a los 3 000 Km en la unidad 4, mientras que en las unidades 18 y 6 el incremento se lo observa en los 6 000 km de recorrido, este valor se mantiene hasta el final del recorrido en todas las unidades, por lo que el incremento es de 1 ppm en las tres unidades de estudio.

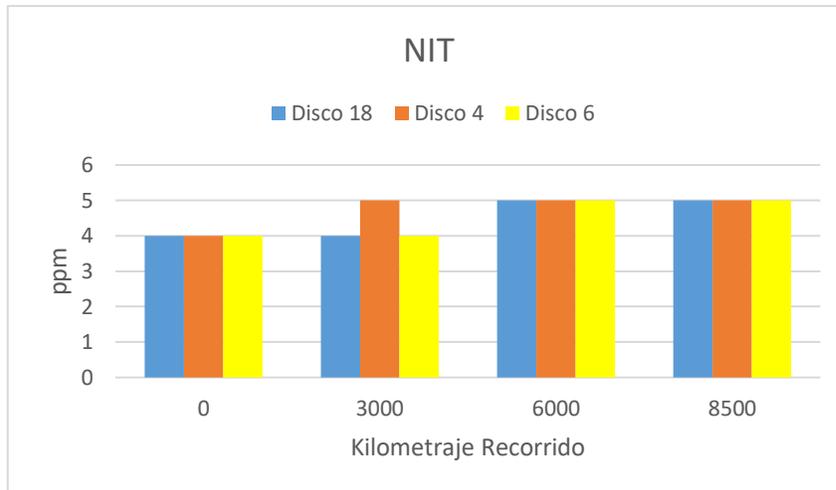


Gráfico 7-3. Diagrama de barras de la nitratación

Fuente: (Autores, 2020)

En el gráfico 8-3 se observa los datos graficados mediante dispersión, en la figura se nota un ligero aumento en el valor de la nitratación en todas las unidades de estudio a lo largo del kilometraje recorrido, alcanzando el valor de 5 ppm al final de recorrido a los 8 500 Km, la curva descrita por el disco 6 es igual a la curva descrita por el disco 18, mientras que la curva descrita por el disco 4 es un tanto diferente, ya que esta se encuentra por encima de estas dos curvas desde los 0 km hasta los 3000, posterior a ello las tres gráficas procedentes de las tres unidades de estudio se igualan.

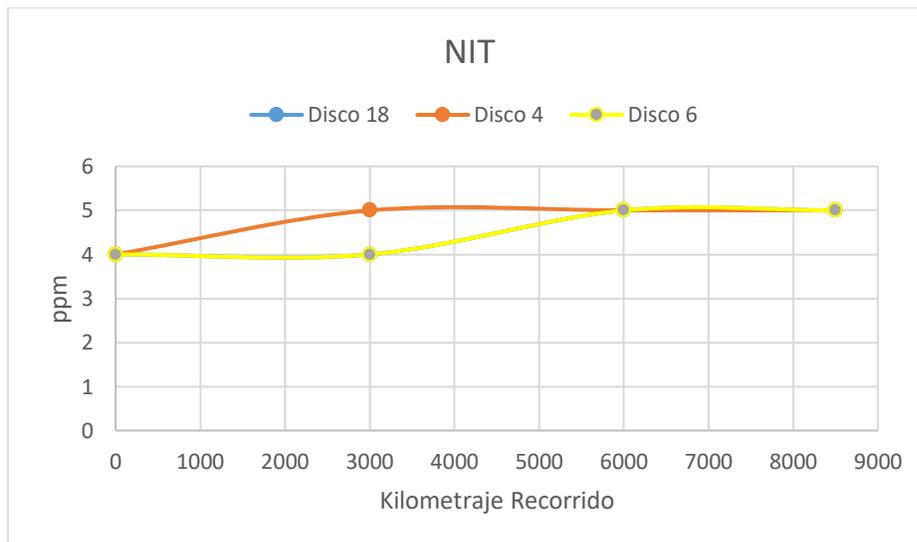


Gráfico 8-3. Gráfico de dispersión de la nitratación

Fuente: (Autores, 2020)

Cuando la nitratación se encuentra presente en el aceite del motor, ocasiona problemas en los motores, los compuestos de nitrógeno hacen que el aceite sea más viscoso y que la capacidad del lubricante se disminuya, si la nitración continua puede ocasionar obstrucción de los filtros (Mejía, 2015, p.38).

Por regla general en todos los aceites de motor se produce nitratación, sin embargo, en los motores que funcionan con gas natural es más notoria esta temática, producto de la combustión en los motores se tiene compuestos de nitrógeno, estos producen aumento en la viscosidad del lubricante reduciendo la capacidad del mismo, el exceso de nitratación puede provocar la obstrucción del filtro de aceite y la creación de depósitos en pistones, válvulas y cárter (CATERPILLAR, 2017, p.9).

3.5 Resultados de Sulfatación SUL

La sulfatación se expresa en ppm, este dato es obtenido por el laboratorio al aplicar el ensayo FTIR, en la tabla 5-3 se observan los datos recopilados los cuales obedecen al kilometraje recorrido y las unidades de estudio, en la tabla se observa el cambio de valor de 17 ppm a los 0 Km de recorrido, aumentando este valor hasta los 18 ppm en todas las unidades de estudio.

Tabla 5-3: Sulfatación en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	17	17	18	18
4	17	17	18	18
6	17	17	18	18

Realizado por: (Autores, 2020)

el gráfico 9-3 muestran los datos de sulfatación en forma de diagrama de barras, se observa un aumento de 1 ppm pasando así del valor base de 17 ppm a 18 ppm en todas las unidades de estudio, este incremento se da a los 6 000 km de recorrido y se mantiene hasta los 8 500 Km.

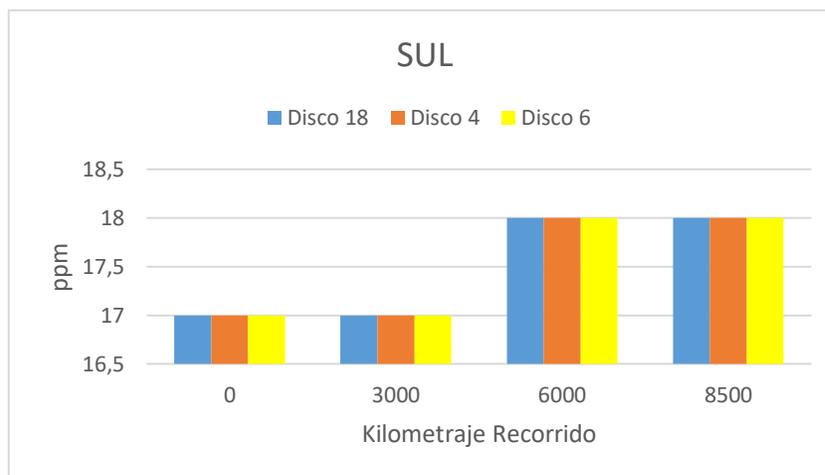


Gráfico 9-3. Diagrama de barras de la sulfatación

Fuente: (Autores, 2020)

El gráfico 10-3 muestra el gráfico de dispersión de los datos, se observa que las curvas descritas por todas las unidades son idénticas, notando una tendencia de aumento a lo largo del kilometraje en todas las unidades, dicho aumento se da a partir de los 3 000 Km de recorrido.

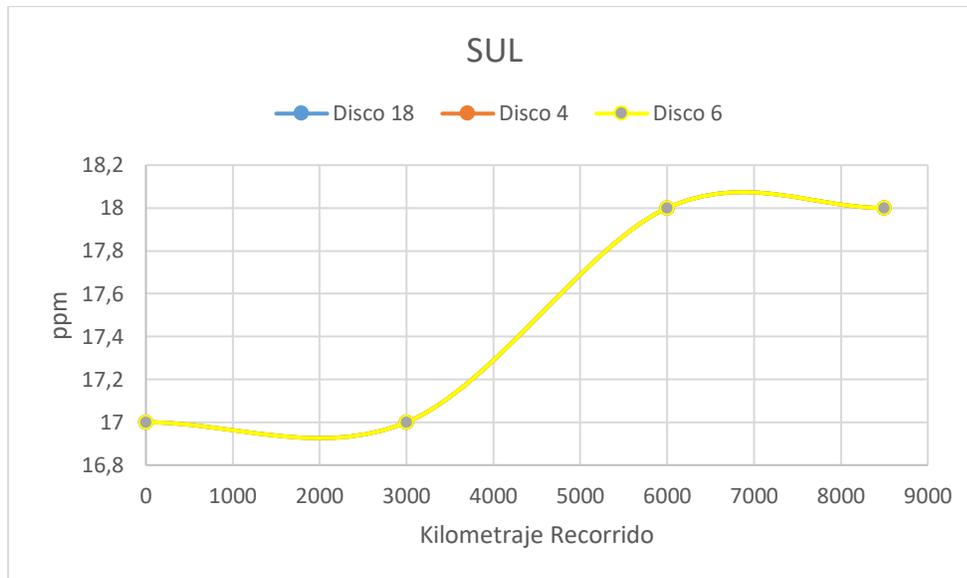


Gráfico 10-3. Gráfico de dispersión de la sulfatación

Fuente: (Autores, 2020)

Los combustibles al contener azufre afectan a los motores, durante el proceso de combustión el azufre se oxida combinándose con el agua para la formación ácidos que son los encargados de corroer las piezas del motor, las piezas que son afectadas con esta corrosión son las camisas, válvulas, guías válvulas y anillos de pistón (Mejía, 2015, p.38).

En la actualidad los lubricantes para motor diésel son diseñados para neutralizar este ácido, a pesar de ello se debe monitorear esta variable ya que, si los niveles exceden los permitidos, el aceite lubricante se deteriorará produciendo corrosión la misma que afecta a los elementos antes descritos (CATERPILLAR, 2017, p.9).

3.6 Resultados de Calcio Ca

Esta variable se enmarca dentro del paquete de aditivos, si bien es un metal de desgaste el mismo indica la variación del aditivo anti espumante, el valor obtenido por el laboratorio es mediante el ensayo de inductividad acoplada plasma que permite detectar partículas menores a 10 μm en partes por millón. En la tabla 6-3 observamos los valores en función del kilometraje y las unidades de estudio.

Tabla 6-3: Calcio en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	2472	2488	2299	2307
4	2472	2298	2394	2432
6	2472	2499	2323	2439

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 11-3 muestra el diagrama de barras de la variable Ca, los datos muestran que a los 3 000 Km de recorrido el valor de Ca aumenta en las unidades 18 y 6, mientras que en la unidad 4 este valor se ve reducido, además, desde los 6 000 Km hasta los 8 500 Km el valor Ca disminuye en todas las unidades.

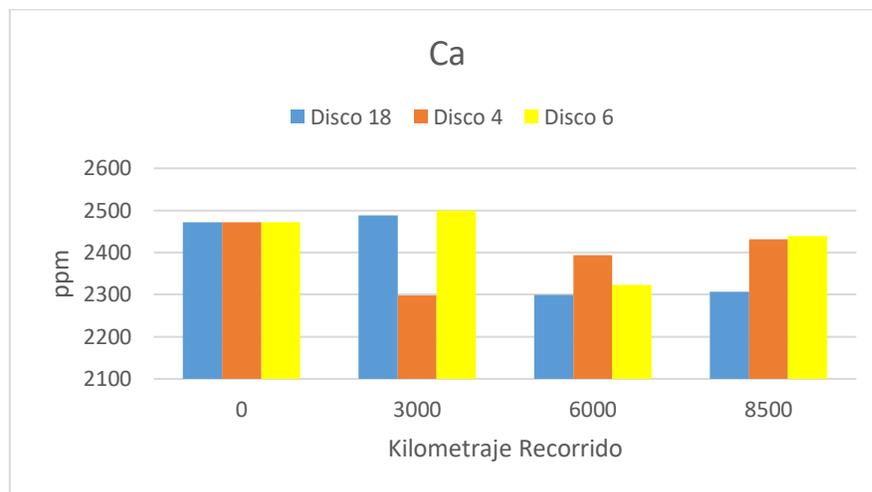


Gráfico 11-3. Diagrama de barras del Calcio

Fuente: (Autores, 2020)

El gráfico 12-3 muestra los datos de Ca graficados en forma de curva, en ella se observa un crecimiento en el valor a los 3 000 km en dos unidades de estudio, la unidad 18 y la unidad 6, mientras que al mismo kilometraje la unidad 4 presenta una disminución, a los 6 000 Km las gráficas de las unidades 18 y 6 tienen tendencia de decrecimiento, caso contrario a la unidad 4 que presenta un crecimiento en su curva, a los 8 500 Km las curvas descritas por las unidades 18, 4 y 6 aparentan un crecimiento en la curvatura, los valores de las unidades 4 y 6 tienden a llegar a un mismo valor y se encuentran por encima de la curva descrita por la unidad 18.

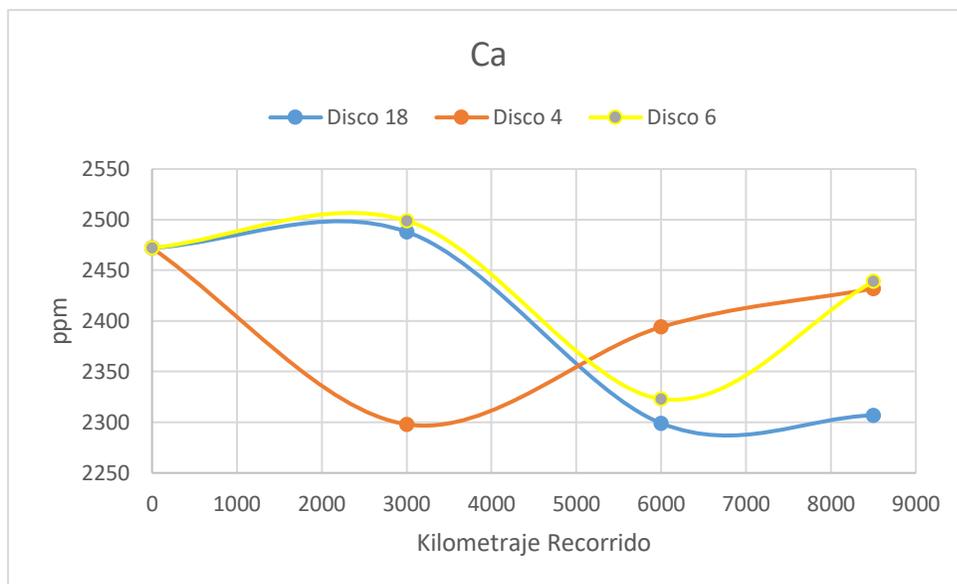


Gráfico 12-3. Gráfico de dispersión del Calcio

Fuente: (Autores, 2020)

Según Saldivia, el Calcio es un detergente dispersante, utilizado para combatir el hollín, neutralizar los ácidos formados por la humedad en la combustión, mantener los contaminantes y lodos en suspensión hasta llegar al filtro, sin dejar que se aglomeren y formen grumos, ni que se adhieran a las superficies metálicas (Saldivia, 2013, p.7).

3.7 Resultados de Magnesio Mg

Al igual que la variable Ca, el magnesio pertenece al paquete de aditivos, en la tabla 7-3 se observan los valores obtenidos en ppm en función del kilometraje y las unidades de estudio, la unidad 18 cambia el valor de Mg desde su valor base de 11 ppm a 12 ppm en los 3 000 Km de recorrido, desde los 6 000 hasta los 8 500 Km el valor decae hasta las 10 ppm, en las unidades 4 y 6 se nota una disminución en el valor de magnesio, en la unidad 4 pasa de 11 ppm a 9 ppm a los 3 000 km posterior a ello desde los 6 000 a los 8 500 km se mantiene en 8 ppm, en la unidad 6 a los 3 000 km el magnesio toma un valor de 10 ppm y en los kilometrajes posteriores el valor cambia a 8 ppm.

Tabla 7-3: Magnesio en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	11	12	10	10
4	11	9	8	8
6	11	10	8	8

Realizado por: (Autores, 2020)

Los datos obtenidos del Mg muestran un incremento desde su valor inicial, a los 3 000 Km en la unidad 18 se nota este incremento por encima de las demás unidades, mientras que los discos 4 y 6 presentan una disminución en el valor, en cambio a los 6 000 km y 8 000 Km se observa la disminución de este valor en todas las unidades, sin embargo al finalizar el recorrido la unidad designada con disco 18 es la que presenta el valor mayor a comparación de las dos unidades restantes, esto se observa en el gráfico 13-3.

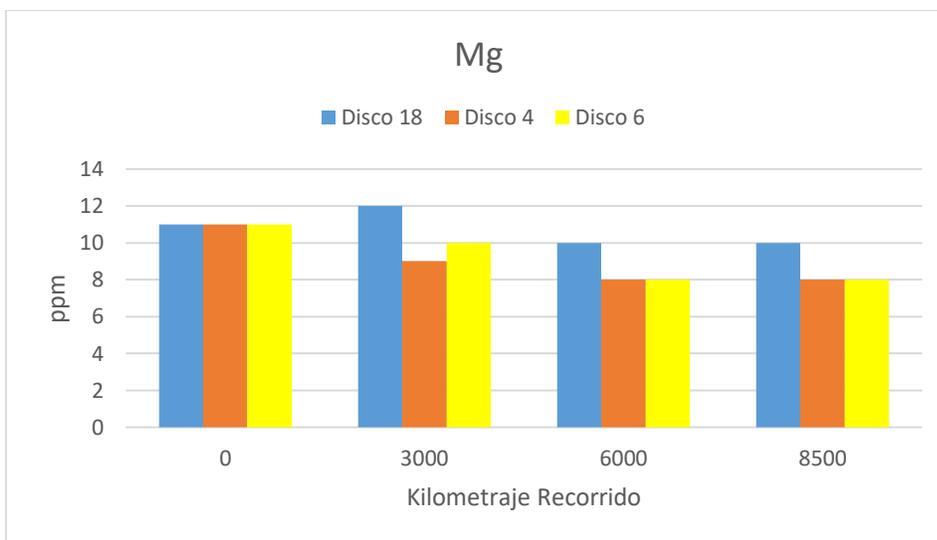


Gráfico 13-3. Diagrama de barras del Magnesio

Fuente: (Autores, 2020)

En el gráfico 14-3 se observan los datos graficados en forma de curva, se nota que las curvas son distintas a lo largo del kilometraje, pero tienen cierta similitud en su forma, el gráfico muestra que la curva de la unidad 18 se encuentra por encima de las dos curvas restantes, mientras que la curva de la unidad 4 y 6 se igualan desde los 6 000 km hasta el final del recorrido y son las que se ubican en la parte inferior, motivo por el cual se observa que el valor de magnesio es mayor en la unidad designada con el disco 18.

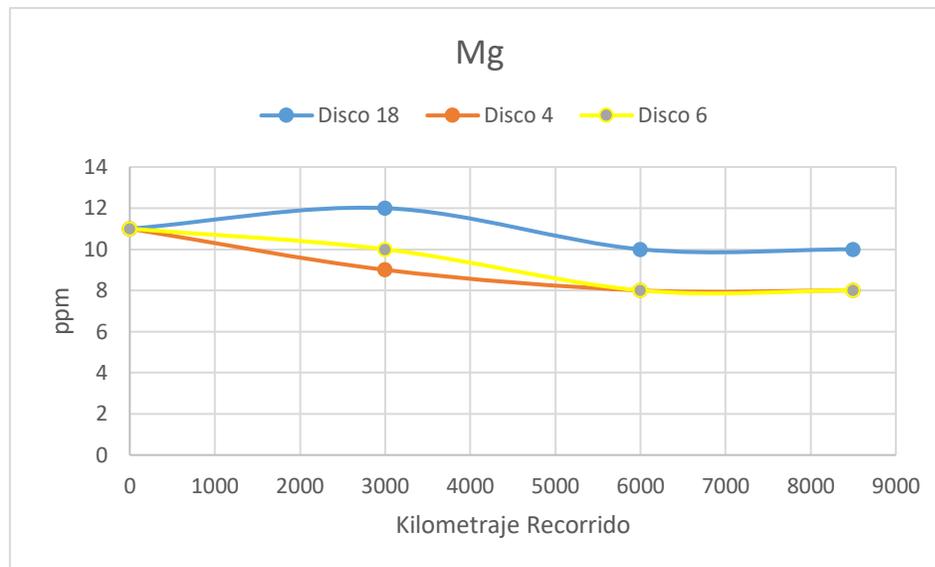


Gráfico 14-3. Gráfico de dispersión del Magnesio

Fuente: (Autores, 2020)

El magnesio al igual que el calcio es un detergente dispersante, es utilizado como aditivo para contrarrestar el hollín y los ácidos provenientes de la combustión, así el aceite no se vuelve lodoso o se forma grumos en ellos ya que atrapa las partículas y las lleva hasta el filtro (Saldivia, 2013, p.7)

3.8 Resultados de Zinc Zn

El Zn es otra variable perteneciente al grupo de aditivos, su valor se expresa en ppm, mencionados valores se los observa en la tabla 8-3 en función del kilometraje y las unidades de estudio, al igual que las variables Ca, Mg son obtenidas por el laboratorio al aplicar el método inductividad acoplada plasma.

Tabla 8-3: Zinc en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	1135	1115	1117	1106
4	1135	1140	1117	1121
6	1135	1226	1069	1123

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 15-3 muestra los datos en forma de barras, se observa que a los 3 000 km las unidades 4 y 6 presentan un aumento en el valor del Zn respecto al valor base, mientras que la unidad 18 presenta una disminución en el valor de esta variable, en el kilometraje posterior se nota el descenso en el valor de Zn en todas las unidades de estudio, a los 8 500 km la unidad 6 presenta el valor mayor de esta variable a comparación de las dos unidades de estudio restantes.

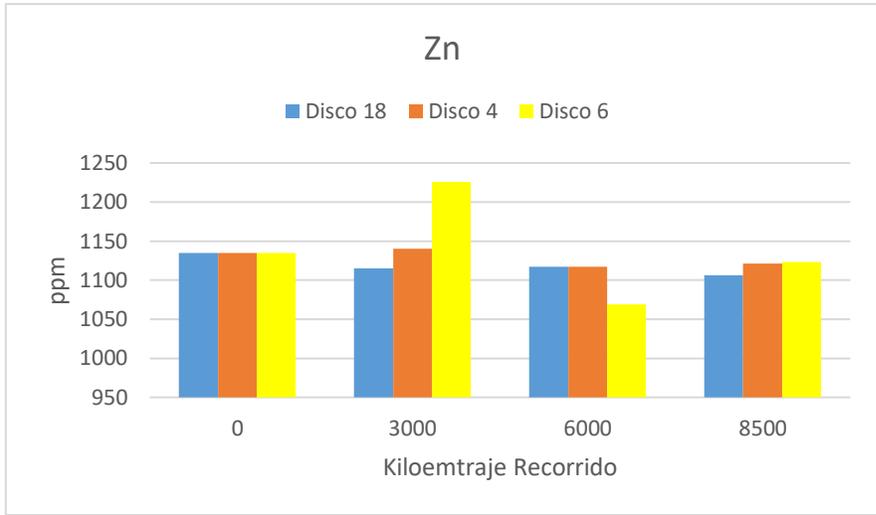


Gráfico 15-3. Diagrama de barras del Zinc

Fuente: (Autores, 2020)

El gráfico 16-3 muestra la curva obtenida de los datos del Zinc, las curvas procedentes de las unidades 4 y 6 tienen una tendencia al aumento a los 3 000 km de recorrido, mientras que la curva procedente de la unidad 18 tiene tendencia a la disminución, el efecto contrario se observa a los 6 000 km de recorrido ya que las curvas de las unidades 4 y 6 decrecen mientras la curva de la unidad 18 toma un ligero crecimiento, a los 8 500 km de recorrido se nota nuevamente el efecto contrario ya que la unidad 18 decrece mientras las dos unidades restantes incrementan su valor.

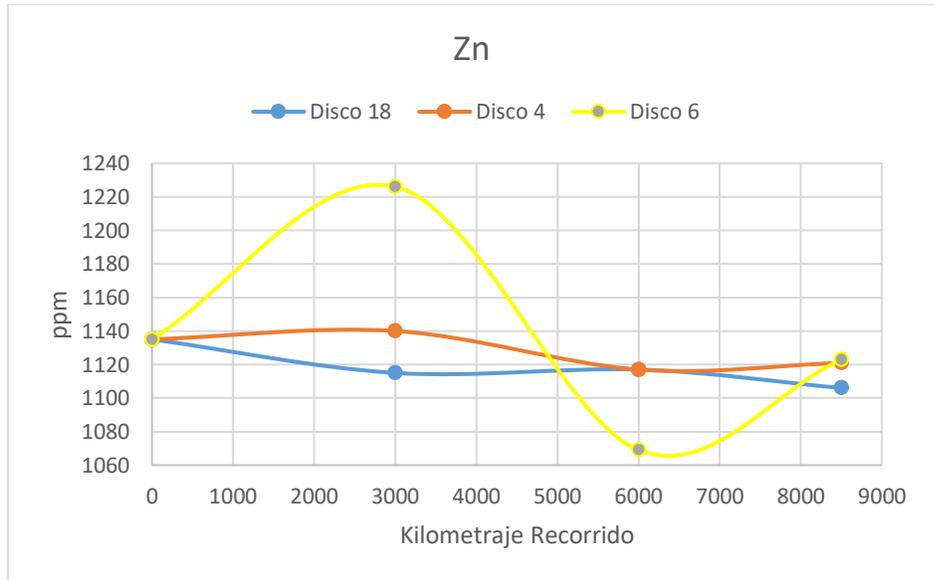


Gráfico 16-3. Gráfico de dispersión del Zinc

Fuente: (Autores, 2020)

El Zinc brinda una protección anti desgaste a través de la lubricación límite formando capas para evitar el contacto entre superficies metálicas que se encuentran en movimiento (Saldivia, 2013, p.7).

3.9 Resultados de Fósforo P

La última variable de estudio el fósforo, pertenece al paquete de aditivos, en la tabla 9-3 se observan los valores obtenidos por el laboratorio al aplicar el proceso inductividad acoplada plasma, los valores en la tabla obedecen al kilometraje y las unidades de estudio.

Tabla 9-3: Fósforo en función del kilometraje

Unidad	0 Km	3 000 Km	6 000 Km	8 500 Km
18	944	914	946	933
4	944	998	946	937
6	944	1061	894	934

Realizado por: (Autores, 2020)

Los datos de fósforo a los 3 000 km aumentan en su valor con referencia al valor base en las unidades 4 y 6, mientras que en la unidad 18 pasa el efecto contrario, en dicha unidad en el kilometraje posterior se nota la misma tendencia, mientras que las dos unidades restantes conservan la tónica de aumento. Este fenómeno se observa en el gráfico 17-3, en donde se muestra un diagrama de barras procedente de los datos de P

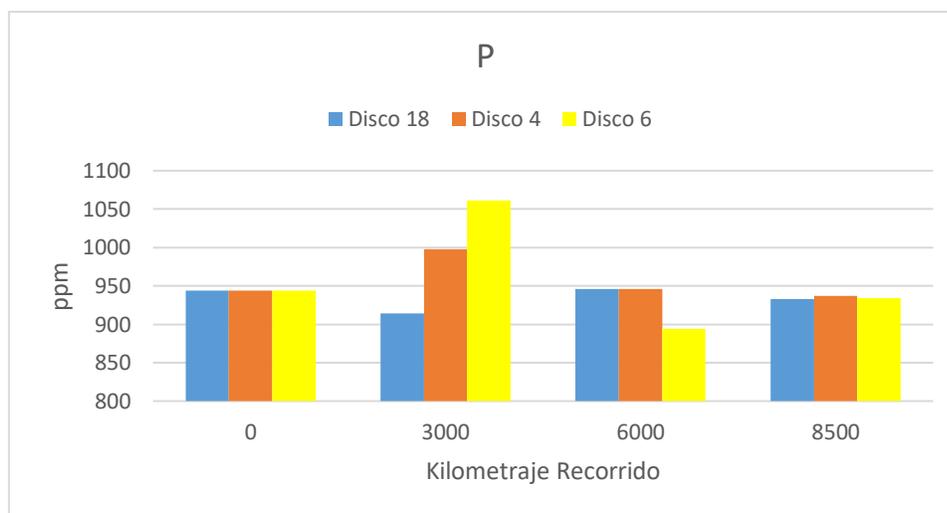


Gráfico 17-3. Diagrama de barras del Fósforo

Fuente: (Autores, 2020)

En el gráfico 18-3 se observan las curvas procedentes de los datos obtenidos de las unidades de estudio, las curvas inscritas en la mencionada figura, presentan el mismo fenómeno observado en la variable Zn, puesto que a los 3 000 km de recorrido la curva de la unidad 18 tiene tendencia a disminuir, mientras que la gráfica de la unidad 4 y 6 presentan un incremento, efecto contrario a los 6 000 km de recorrido, en donde la curva de la unidad 18 incrementa mientras que las dos curvas restantes disminuyen, a los 8 500 Km de recorrido nuevamente se nota el efecto contrario, ya que la unidad 18 describe un descenso en el valor a comparación de las dos unidades restantes q presentan un incremento.

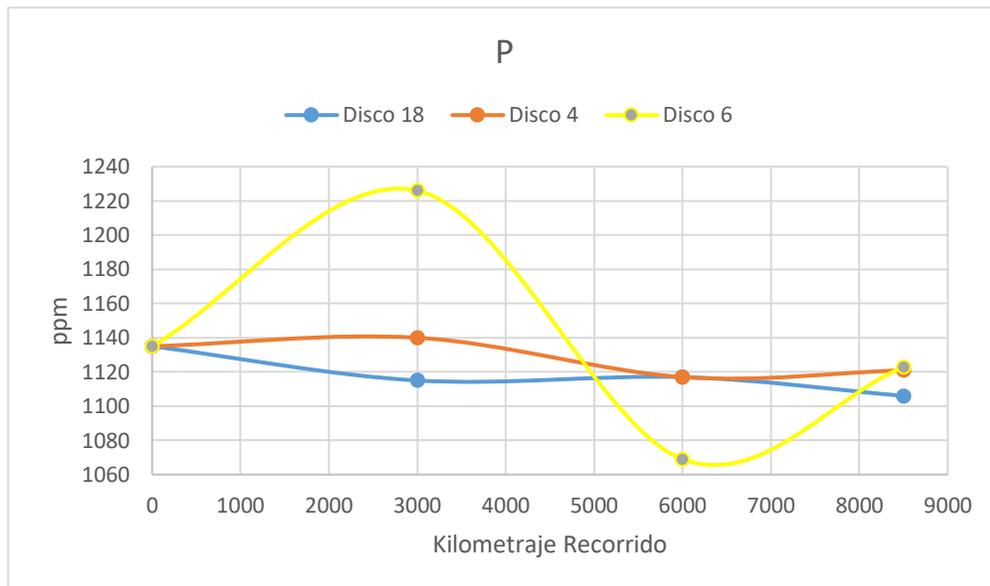


Gráfico 18-3. Gráfico de dispersión del Fósforo

Fuente: (Autores, 2020)

El fósforo al igual que el Zinc brinda la proyección anti desgaste ya que este aditivo es empleado en los aceites para garantizar la película lubricante entre piezas que se encuentran en fricción (Saldivia, 2013, p.7).

3.10 Discusión de resultados

Mediante el análisis ANOVA, se obtienen los resultados para identificar si existe diferencia significativa en las medias de los datos, de esta manera se puede identificar si los datos obtenidos obedecen al cambio de tendencia en las unidades de estudio o los datos cambian dependiendo tan solo el kilometraje, en caso de que los datos cambien con respecto al kilometraje el factor geográfico no sería relevante, caso contrario, estos indican que existe una variación acorde a la unidad estudiada, por ende el factor geográfico es determinante en los datos. Dicho análisis se lo realiza por cada

variable, además se utiliza el método LSD (diferencia mínima significativa), con el fin de obtener la unidad de estudio con diferencia significativa en comparación con las demás.

El análisis estadístico se lo realiza en Minitab19, el software detalla el método, los factores, el análisis ANOVA y la agrupación utilizando LSD de Fisher, los tratamientos estadísticos de todas las variables obedecen a mencionada tendencia, en la tabla 10-3 se muestra el método presentado por Minitab19, mientras que en la tabla 11-3 se observa los factores que establece mencionado programa estadístico.

Tabla 10-3: Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
Nivel de confianza	95 %

Realizado por: (Autores, 2020)

Tabla 11-3: Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	Disco 18, Disco 4, Disco 6

Realizado por: (Autores, 2020)

Para aceptar o rechazar las hipótesis se sigue la regla de decisión la cual nos indica que si P es menor o igual que el nivel de significancia en este caso 0.05, se rechaza H_0 y por ende se acepta la hipótesis alterna.

3.10.1 Discusión de resultados de Viscosidad

Al analizar la tabla 12-3 en donde se muestra los resultados del análisis ANOVA, se observa que P tiene un valor de 0.092, siendo este mayor que 0.05, por tanto, no se cuenta con la evidencia suficiente para rechazar H_0 , a pesar de que los valores de viscosidad de las unidades son diferentes, por lo cual se debe plantear otro estadístico para afirmar o desmentir los resultados del análisis ANOVA.

Tabla 12-3: ANOVA V100

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.04931	0.024656	3.65	0.092
Error	6	0.04054	0.006756		
Total	8	0.08985			

Realizado por: (Autores, 2020)

El método estadístico LSD de Fisher, a un nivel de significancia del 5 %, es otro análisis estadístico brindado por el software, en mencionado método se observa la agrupación y comparación de las medias provenientes de los datos de las distintas unidades, los resultados de este análisis se los observa en la tabla 13-3, para identificar la diferencia entre factores se designa la letra A y B.

Al analizar la tabla se concluye que las unidades de estudio designadas con el disco 18 y disco 6 son significativamente diferentes, el porcentaje en que varía la viscosidad es de 2.09 % entre estas dos unidades de estudio, este resultado se encuentra acorde a lo expuesto por varios investigadores, según (Saldivia, 2013, p.4) el índice de viscosidad varía desde los 14.4 cSt @ 100°C al inicio de la prueba hasta los 11 cSt @ 100°C al finalizar la prueba a las 150 horas de funcionamiento, en una unidad de estudio en la ciudad de Cancún-México a una altitud que varía de 1 a 8 msnm, por otra parte (Buchelli y García, 2015, p.89) indican que el índice de viscosidad varía desde los 15 cSt @ 100°C hasta los 12.9 cSt @ 100°C a lo largo de la prueba realizada que duró 2332 horas de funcionamiento, de una unidad de estudio en la ciudad de Milagro-Ecuador a una altitud de 12 msnm, lo que de cierta manera se asemeja a los datos obtenidos por la unidad designada con el disco 6, por el contrario, (Altamirano, 2017, p.61) señala que la viscosidad varía desde los 14,5 cSt @ 100°C a 12,5 cSt @ 100°C cuando se cumplen 5 000 Km de recorrido, en una unidad de estudio en la ciudad de Latacunga-Ecuador ubicada a 2 850 msnm, por lo que se nota la tendencia de recuperar su valor inicial de viscosidad a medida que avanza el kilometraje, esto se asemeja al comportamiento del disco 18, por tanto, es notoria la diferencia en la viscosidad del aceite lubricante cuando las unidades de estudio se encuentran en diferentes condiciones geográficas, por una parte la unidad 18 está sometida a trabajo en rutas de mayor altitud correspondientes a la sierra ecuatoriana, caso contrario pasa con la unidad 6 la cual desempeña su labor en rutas con menor exigencia en términos de altitud e inclinación, si bien los otros investigadores en sus unidades de estudio tienen motores distintos, el SAE utilizado en el aceite lubricante es el mismo 15W40, motivo por el cual los datos se asemejan y dan mayor criterio de fiabilidad, mencionados datos se encuentran expuestos en el capítulo I en el apartado de estado del arte.

Tabla 13-3: LSD V100

Factor	N	Media	Agrupación	
Disco 18	3	14.3133	A	
Disco 4	3	14.2657	A	B
Disco 6	3	14.1380		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 19-3 muestra un diagrama de cajas de la estadística realizada en la variable V100, en donde en el eje “x” se muestra el número de unidades y en el eje “y” se muestra los niveles de concentración de las medias de los datos, mencionada grafica tiene concordancia con la tabla 13-3 en donde se observa una gran diferencia entre los datos de la unidad 18 en relación con los datos de la unidad 6, mientras que la unidad 4 se encuentra en una zona intermedia entre estas dos unidades, por tanto la diferencia significativa es evidente entre el disco 18 y disco 6.

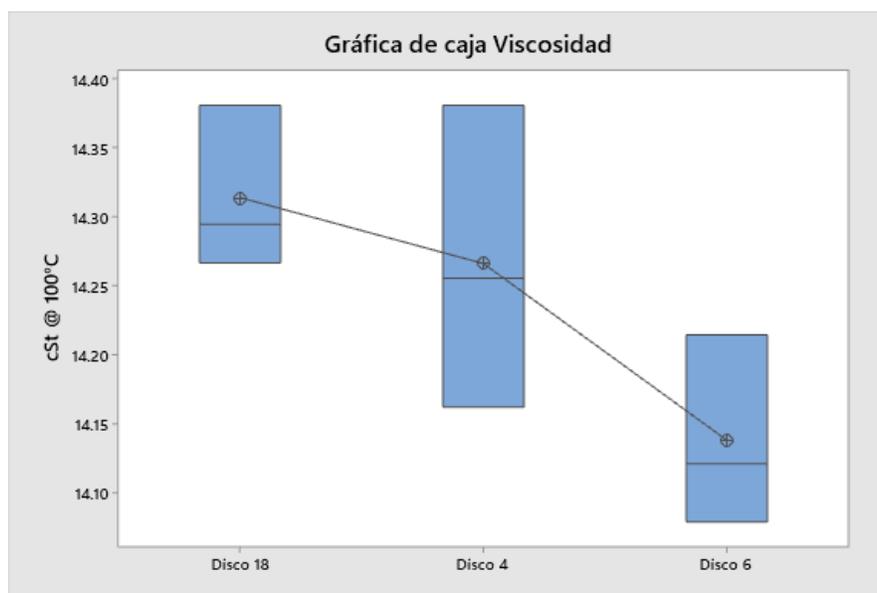


Gráfico 19-3. Gráfico de caja de V100

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.2 Discusión de resultados de Hollín

Los resultados del análisis ANOVA para la variable hollín, se observan en la tabla 14-3, en donde se observa que el valor de P es 0.308, siendo este mayor que 0.05 por lo cual al seguir la regla de decisión se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se rechaza H0, ya que la evidencia no es suficiente, a pesar de que los valores de hollín provenientes de las unidades son diferentes.

Tabla 14-3: ANOVA ST

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	206.0	103.00	1.44	0.308
Error	6	428.0	71.33		
Total	8	634.0			

Realizado por: (Autores, 2020)

El método estadístico LSD de Fisher, a un nivel de significancia del 5 %, nos menciona que las unidades designadas con el Disco 18 y Disco 6 son significativamente diferentes, en la tabla 15-3 se observa la agrupación y comparación de las medias obtenidas en Minitab19, las unidades antes

mencionadas son significativamente diferentes, la diferencia porcentual de estas dos unidades es del 41.67%, acorde a (Saldivia, 2013, p.5) indica que el hollín pasa de 0 ppm a 30 ppm a lo largo del muestreo realizado sobre la unidad de estudio situada en la ciudad de Cancún-México, por otra parte (Buchelli y García, 2015, p.92) señalan que el hollín varía de 1 ppm a 17 ppm en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Milagro-Ecuador, estos niveles de ST se encuentran semejantes a los expuestos por las unidades de estudio designadas con el disco 4 y 6, en cambio (Altamirano, 2017, pp-58-59) indica que el hollín cambia de 0 a 11 ppm en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Latacunga-Ecuador, si bien este dato no se asemeja al de la unidad 18, este fenómeno puede ser a consecuencia del kilometraje de muestreo, a pesar de ello, se nota el crecimiento en el valor de ST, por tanto al analizar estos parámetros se evidencia que las unidades designadas con el disco 18 y disco 6 son diferentes, puesto que estas dos unidades trabajan en distintas condiciones, por un lado, la unidad 18 se encuentra en la sierra sometida a trabajo en rutas con mayor altitud sobre el nivel del mar e inclinaciones más pronunciadas, mientras que la unidad 6 trabaja en la costa, cubriendo rutas sin mucha exigencia en términos de condiciones topográficas, la unidad 18 presenta la mayor concentración de ST ya que está ligada directamente con combustiones incompletas, esto derivado de la falta de oxígeno que se producen a mayores altitudes.

Tabla 15-3: LSD ST

Factor	N	Media	Agrupación	
Disco 18	3	26.67	A	
Disco 4	3	24.67	A	
Disco 6	3	15.67		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 20-3 muestra un diagrama de cajas de la estadística realizada en la variable ST, al igual que la variable anterior en el eje “x” se observa las unidades de estudio, mientras que en el eje “y” se observa el valor de los datos, en este caso en la gráfica se observa claramente la diferencia que existe entre la caja de datos de la unidad 18 y 4 en comparación con la caja de datos de la unidad 6, puesto que los datos del disco 18 se encuentra muy por encima de los datos del disco 6, esto se traduce en que los niveles de hollín son superiores en condiciones de trabajo de mayor altitud sobre el nivel del mar.

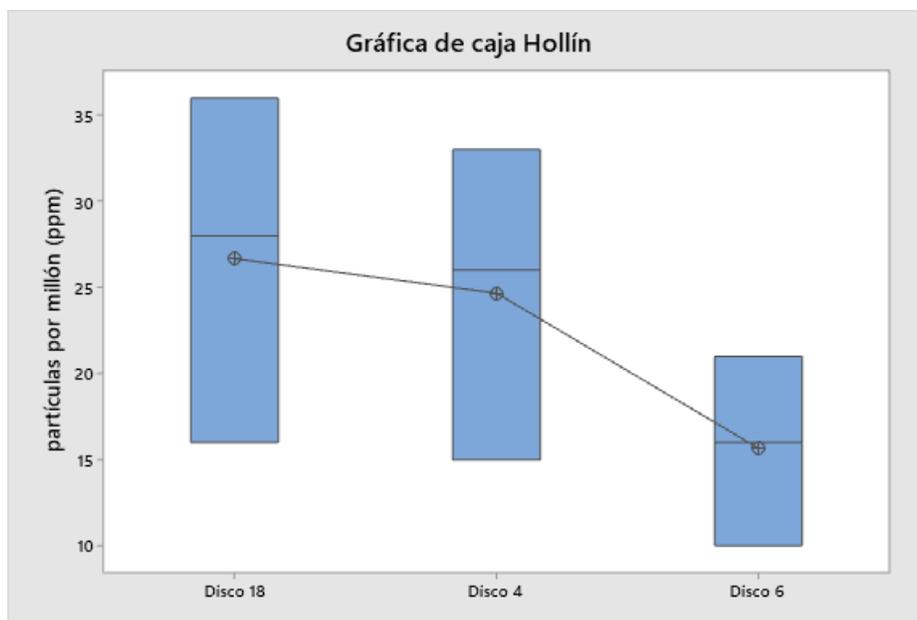


Gráfico 20-3. Gráfico de caja de ST

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.3 Discusión de resultados de Oxidación

Al analizar la tabla 16-3 en donde se muestra los resultados del ANOVA de los datos de la oxidación, se observa que el valor P es mayor que la significancia, por tanto, se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se rechaza H0, esto quiere decir que las unidades no son diferentes, este resultado es obvio ya que los datos obtenidos de OXI es de 11 ppm a lo largo de todo el kilometraje y la única variación se la observa en la unidad 6 con el aumento de 1 ppm, este cambio de 11 a 12 ppm representa el 9.09%

Tabla 16-3: ANOVA OXI

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.2222	0.1111	1.00	0.422
Error	6	0.6667	0.1111		
Total	8	0.8889			

Realizado por: (Autores, 2020)

Se aplica el tratamiento estadístico LSD de Fisher, a un nivel de significancia del 5 %, en la tabla 17-3 se observa que las medias de los valores provenientes de las unidades obedecen a una sola agrupación, en este caso la letra A presente en todas las unidades, por tanto, las unidades de estudio no son distintas entre sí, estos datos concuerdan con lo expuesto por (Altamirano, 2017, p.60), según el autor, la oxidación se mantiene constante desde el inicio del monitoreo hasta los 3 000 km de recorrido, en la unidad de estudio dispuesta en la ciudad de Latacunga-Ecuador, este fenómeno de

constancia se aprecia en las unidades designadas con el disco 18 y disco 4, en ellas la oxidación se mantiene en 11 ppm a lo largo del kilometraje, además, Altamirano señala que el valor de oxidación tiene un ligero cambio pasando de 11 ppm a 10 ppm en los 3 000 km de recorrido sin embargo al llegar a los 5 000 km de recorrido se tiene el incremento a 11 ppm nuevamente, este fenómeno se observa en el disco 6, ya que se pasa de 11 ppm a 12 ppm al finalizar el recorrido, por tanto se infiere que el valor de oxidación se mantiene constante, motivo por el cual se define que las unidades de estudio no son distintas entre sí, el factor para que este valor se mantenga constante es la temperatura, ya que los motores en estudio nunca fueron sometidos a altas temperaturas, ya que este efecto contribuye a generar altas concentraciones de oxidación, esta explicación se encuentra más detallada en el apartado de resultados de oxidación.

Tabla 17-3: LSD OXI

Factor	N	Media	Agrupación
Disco 6	3	11.333	A
Disco 4	3	11.00	A
Disco 18	3	11.00	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

La gráfica de cajas mostrada en el gráfico 21-3 muestra los datos de las tres unidades en estudio, en donde se observa el incremento en el valor tan solo en el disco 6, este incremento no es significativo ya que pasa de 11 a 12 ppm.

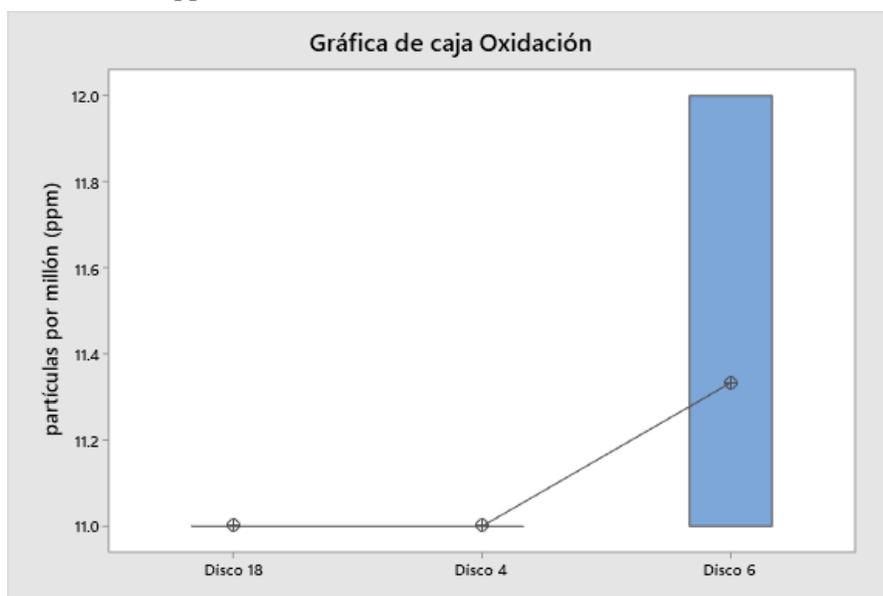


Gráfico 21-3. Gráfico de caja de OXI

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.4 Discusión de resultados de Nitratación

Al analizar la tabla 18-3 en donde se muestra los resultados del ANOVA, el valor P es de 0.630, se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se rechaza H0, esto quiere decir que las unidades no son diferentes, este resultado tiene concordancia con los datos, puesto que el valor cambia de 4 a 5 ppm en todas las unidades, lo que representa un cambio del 0%

Tabla 18-3: ANOVA NIT

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.2222	0.1111	0.50	0.630
Error	6	1.3333	0.2222		
Total	8	1.5556			

Realizado por: (Autores, 2020)

En la tabla 19-3 se muestra la agrupación obtenida en Minitab19 al aplicar el estadístico LSD de Fisher a un nivel de significancia del 5 %, en la tabla se observa que las unidades no tienen diferencia significativa, ya que la letra A se encuentra en todas las unidades por ende las unidades obedecen a una sola agrupación, esto concuerda con lo expuesto por varios autores, según (Buchelli y García, 2015, pp-92-93) el valor de nitratación cambia de 6 ppm a 5 ppm a las 5 000 horas de funcionamiento, en la unidad de estudio situada en la ciudad de Milagro-Ecuador, a esta tendencia se suma (Altamirano, 2017, p.60) el autor señala que la nitratación cambia desde su valor base de 3 ppm a 5 ppm, en la unidad de estudio situada en la ciudad de Latacunga-Ecuador, esta temática de cambio en el valor de nitratación es visible en las tres unidades de estudio ya que pasa del valor base de 4 ppm a 5 ppm a lo largo del kilometraje recorrido, por lo cual las distintas condiciones geográficas no tienen incidencia en el valor de esta variable, el cambio más bien se ve asociado a que en todos los motores se produce nitratación provenientes de la combustión en los motores.

Tabla 19-3: LSD NIT

Factor	N	Media	Agrupación
Disco 4	3	5.000	A
Disco 6	3	4.667	A
Disco 18	3	4.667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 22-3 muestra un diagrama de cajas de la estadística realizada en la variable NIT, en donde se observa claramente que los valores en las tres unidades son semejantes, siendo el valor mínimo 4 y el valor máximo 5 ppm.

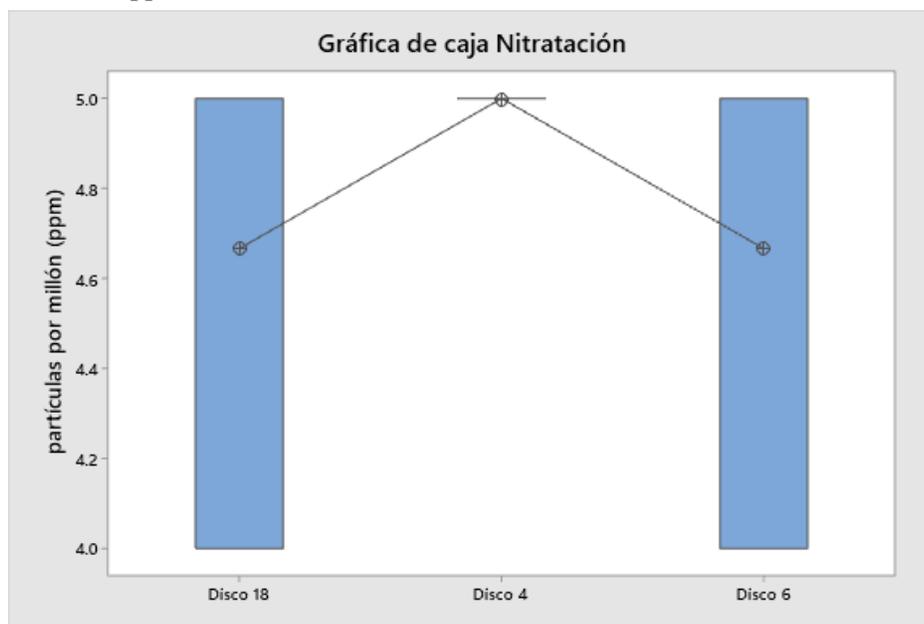


Gráfico 22-3. Gráfico de caja de NIT

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.5 Discusión de resultados de Sulfatación

La tabla 20-3 muestra los resultados del ANOVA aplicado a la variable sulfatación, se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se rechaza H_0 , esto quiere decir que las unidades no son diferentes, este resultado es de esperarse ya que, los datos obtenidos de SUL son de 17 ppm y cambia a 18 ppm a lo largo de todo el kilometraje, dicho cambio en el valor de la variable se da a los 6000 km de recorrido en todas las unidades, por ende, el porcentaje de cambio es del 0%

Tabla 20-3: ANOVA SUL

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.00000	0.000000	0.00	1.000
Error	6	2.00000	0.333333		
Total	8	2.00000			

Realizado por: (Autores, 2020)

La tabla 21-3 muestra los resultados del estadístico LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5%, en la tabla se observa que las unidades no presentan diferencia significativa y se encuentran agrupadas en la letra A, según (Buchelli y García, 2015, pp-92-93) la sulfatación tiene un cambio de 18 ppm a 21 ppm en la unidad de estudio situada en la ciudad de Milagro-Ecuador, los autores aseguran que el cambio en el valor, se debe a la contaminación del aceite por combustible cuando cumple las 5

000 horas de funcionamiento, por otra parte, (Altamirano, 2017, p.60) indica que la sulfatación en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Latacunga-Ecuador sufre un cambio en el valor, descendiendo de 20 ppm a 14 ppm, el autor señala que el aceite no sufre degradación debido a los procesos químicos de la combustión proveniente ligadas directamente con el combustible utilizado, por tanto queda demostrado que la sulfatación se ve directamente afectada por el tipo de combustible utilizado, en el caso de los discos 18 , 4 y 6 no se observa un cambio en el valor ya que los tres vehículos trabajan con el mismo combustible.

Tabla 21-3: LSD SUL

Factor	N	Media	Agrupación
Disco 6	3	17.667	A
Disco 4	3	17.667	A
Disco 18	3	17.667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

En el gráfico 23-3 se observa la gráfica de caja de esta variable, en donde se nota con claridad que las gráficas de las unidades 18, 4 y 6 son idénticas, por lo que se redunda en que las unidades no son diferentes en esta variable.

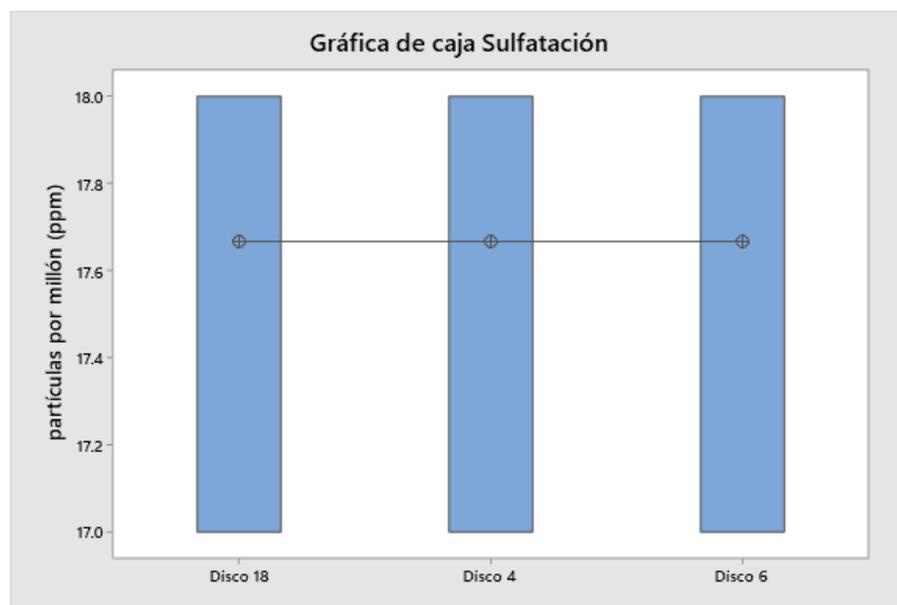


Gráfico 23-3. Gráfico de caja de SUL

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.6 Discusión de resultados del Calcio

En la tabla 22-3 se muestran los resultados del análisis ANOVA aplicado a los datos de la variable calcio, en ella se observa el valor de P igual a 0.733, este valor es mayor que la significancia por lo que no se rechaza H0, y se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se cuenta con la suficiente evidencia para demostrar que los datos obtenidos de las unidades de estudio son diferentes, por este motivo el análisis LSD dictaminará la diferencia significativa de las unidades.

Tabla 22-3: ANOVA Ca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	5284	2642	0.33	0.733
Error	6	48398	8066		
Total	8	53682			

Realizado por: (Autores, 2020)

Mediante LSD de Fisher, a un nivel de significancia del 5 %, se observa que existe diferencia significativa entre las unidades de estudio designadas con los discos 18, 4 en comparación con el disco 6, por lo que se concluye que las unidades de estudio son diferentes, gracias al estudio estadístico por LSD, en la tabla 23-3 se observa la agrupación LSD en donde se nota la diferencia antes mencionada, la diferencia entre la unidad 18 y 6 es del 5.72%, según (Altamirano, 2017, p.58) el valor de calcio cambia desde su valor base de 2 960 ppm a 3 436 ppm en la unidad de estudio establecida en la ciudad de Latacunga-Ecuador, por otra parte (Saldivia, 2013, pp-6-7) afirma que el calcio pasa de su valor base de 2 220 ppm a 2 500 ppm en la unidad de estudio situada en la ciudad de Cancún-México, por otra parte, (Buchelli y García, 2015, p. 90) menciona que el cambio en el calcio se da desde las 2 423 ppm hasta las 3 189 ppm en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Milagro-Ecuador, si bien estos datos no se pueden comparar entre sí ya que las distintas marcas de aceite a pesar que el SAE 15W40 sea el mismo, utilizan diferentes valores en el calcio para contrarrestar el hollín y los ácidos, esto da una referencia de que el calcio tiene relación con la condición geográfica de trabajo y al comprar los valores de las unidades de estudio 18, 4 y 6 dicha comparación resulta fiable ya que los motores y aceite son los mismos, la diferencia entre los discos 18 y 6 radica en las condiciones geográficas de operación que son distintas entre las dos unidades, como se menciona con anterioridad la unidad 18 trabaja en condiciones de mayor altitud a diferencia de la unidad 6.

Tabla 23-3: LSD Ca

Factor	N	Media	Agrupación
Disco 6	3	2420.3	A
Disco 4	3	2374.7	B
Disco 18	3	2364.7	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 24-3 muestra un diagrama de caja de la estadística realizada en la variable Ca, se observa claramente que las gráficas de las unidades 18 y 4 son semejantes entre sí, pero estas son distintas con la gráfica presentada por el disco 6, de esta manera se demuestra a simple vista la diferencia que existe entre las unidades de estudio antes mencionadas.

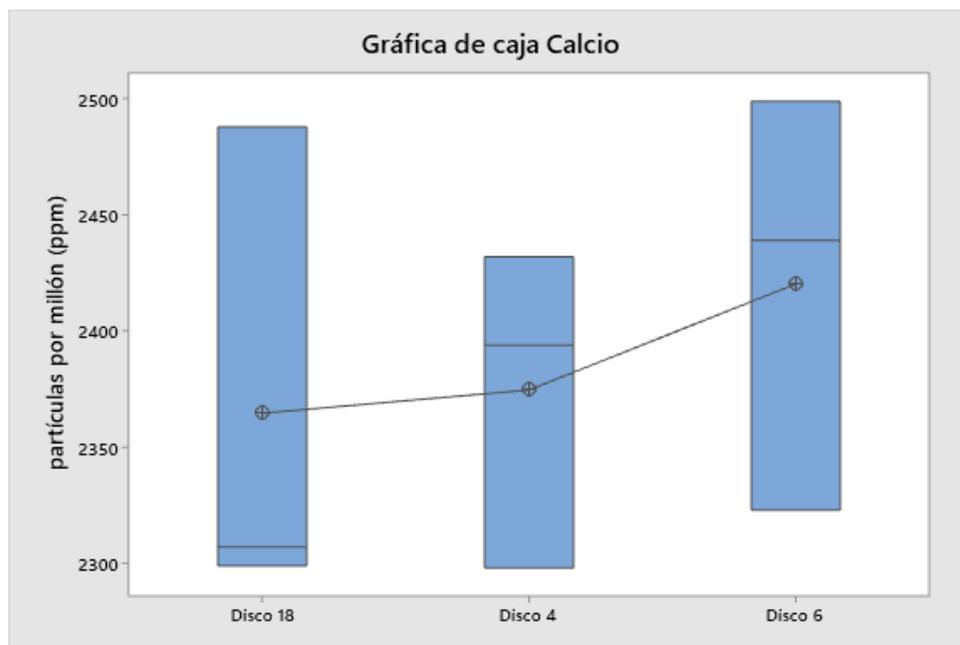


Gráfico 24-3. Gráfico de caja de Ca

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.7 Discusión de resultados de Magnesio

La tabla 24-3 muestra los resultados del estadístico ANOVA aplicado a los datos obtenidos de la variable Magnesio, en esta tabla se observa que el valor P es de 0.05, siendo igual al nivel de significancia, por lo que se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, se rechaza H₀, esto quiere decir que las unidades de estudio son diferentes.

Tabla 24-3: ANOVA Mg

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	9.556	4.778	4.78	0.05
Error	6	6.000	1.000		
Total	8	15.556			

Realizado por: (Autores, 2020)

El método estadístico LSD de Fisher con nivel de significancia del 5 %, se aplica en esta variable para asegurar la veracidad del estadístico ANOVA, en la tabla 25-3 se observa los resultados de agrupación y se concluye que las unidades denominadas con disco 6 y 4 mantienen diferencia significativa con el disco 18, la diferencia porcentual es del 20 %, el autor (Saldivia, 2013, pp-6-7) menciona que los niveles de Magnesio se mantienen en promedio en las 400 ppm, en la unidad de estudio situada en Cancún-México, (Buchelli y García, 2015, p.90) menciona que el magnesio en la unidad de estudio situada en la ciudad de Milagro-Ecuador, cambia su valor de 295 ppm a 392 ppm, además (Altamirano, 2017, p.58) en su publicación menciona que el magnesio en la unidad de estudio situada en la ciudad de Latacunga-Ecuador cambia desde el valor base de 12 ppm a 46 ppm, nuevamente estos valores no son comparables a pesar de que los aceites utilizados obedezcan al SAE 15W40, ya que el valor utilizado en el Magnesio como aditivo cambia en relación a las marcas de aceite lubricante, a pesar de ello se nota la tendencia de cambio en el valor de esta variable motivo por el cual, el resultado de ANOVA y LSD muestra que los valores de Magnesio son distintos entre unidades, notando que las mayores concentraciones de Mg se encuentra en la unidad 18 la cual cubren rutas con altos niveles de altitud sobre el nivel del mar, en este caso la presencia de mayor Magnesio indica una mayor interacción con el Hollín

Tabla 25-3: LSD Mg

Factor	N	Media	Agrupación	
Disco 18	3	10.667	A	
Disco 6	3	8.667		B
Disco 4	3	8.333		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 25-3 muestra un diagrama de caja de los datos de la variable Mg, en la gráfica se observa claramente que la caja proporcionada por la unidad designada con el disco 18 tiene distinta disposición en comparación con las cajas de las unidades 4 y 6, todo esto se encuentra en concordancia con los estadísticos ANOVA y LSD los cuales indican que las unidades de estudio son distintas.

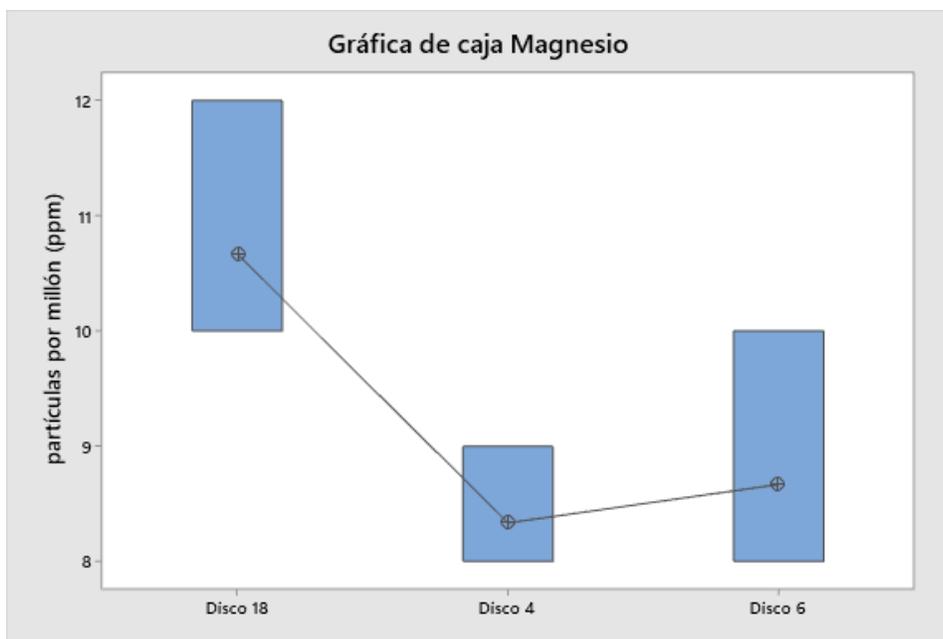


Gráfico 25-3. Gráfico de caja de Mg

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.8 Discusión de resultados de Zinc

Al analizar la tabla 26-3 en donde se muestra los resultados del análisis ANOVA, se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se rechaza H_0 , puesto que el valor de P es de 0.772 y es mayor que el nivel de significancia por lo que se concluye que no se tiene la evidencia suficiente para dictaminar que los datos de Zinc de cada unidad de estudio son diferentes, por ello se debe analizar mediante LSD de Fisher.

Tabla 26-3: ANOVA Zn

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	800.0	400.0	0.27	0.772
Error	9	13544.2	1504.9		
Total	11	14344.2			

Realizado por: (Autores, 2020)

La tabla 27-3 muestra los resultados de LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5%, en la tabla se observa que existe una diferencia significativa en las unidades de estudio 18 y 6, el valor porcentual de la diferencia es de 1.54%, por tanto, los valores obtenidos de las unidades de estudio de la variable Zinc son diferentes debido a las distintas condiciones geográficas en la cual operan las unidades antes mencionadas, acorde a lo expuesto por otros autores como es el caso de (Saldivia, 2013, pp-6-7) en donde menciona que el Zinc cambia de 1 800 ppm a 2 000 ppm a medida que avanza las horas de trabajo en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Cancún-México, (Buchelli y García,

2015, p. 93) señalan que el valor de Zinc varía de 1 357 ppm a 1 610 ppm a medida que avanzan las horas de trabajo en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Milagro-Ecuador, (Altamirano, 2017, p.58) indica que el Zinc en la unidad de estudio ubicada en la ciudad de Latacunga-Ecuador cambia su valor de 1 169 ppm a 1 413 ppm, si bien los valores de los autores expuestos no son comparables, se nota que las unidades de estudio ubicadas en las ciudades de Cancún y Milagro contienen una mayor concentración de Zinc al igual que las unidades designadas con el disco 6 y disco 4, las cuales en el estudio muestran mayores niveles de Zinc a comparación de la unidad 18 la cual presenta un nivel de Zinc menor, por lo que las condiciones de mayor altitud afectan a esta variable, este efecto puede ser producto de la utilización de la protección anti desgaste proveniente del Zn.

Tabla 27-3: LSD Zn

Factor	N	Media	Agrupación	
Disco 6	4	1138.30	A	
Disco 4	4	1128.25	A	B
Disco 18	4	1118.25		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

El gráfico 26-3 muestra el diagrama de caja de los datos obtenidos de las unidades de estudio, en ella se nota una diferencia en la disposición de cada una de las cajas notando la mayor diferencia entre la unidad designada con el disco 18 en comparación con la unidad designada con el disco 6, de esta manera se comprueba a la vista que los valores de Zinc de las dos unidades en mención son distintas

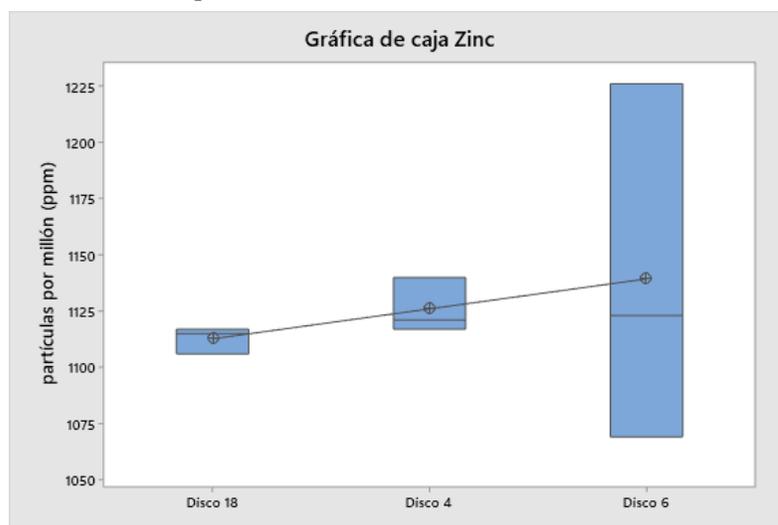


Gráfico 26-3. Gráfico de caja de Zn

Fuente: (Autores, 2020)

3.10.9 Discusión de resultados de Fósforo

Al analizar la tabla 28-3 en donde se muestra los resultados del ANOVA, se concluye que, a un nivel de significancia del 5 %, no se rechaza H₀, puesto que no se tiene la evidencia suficiente, esto quiere decir que las unidades de estudio no son diferentes, esta conclusión se obtiene al observar el valor P que es igual a 0.740 es mayor que la significancia, por lo cual el método LSD aclarará si los valores presentados por las distintas unidades son significativamente diferentes

Tabla 28-3: ANOVA P

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	1892	945.8	0.32	0.740
Error	6	17893	2982.1		
Total	8	19784			

Realizado por: (Autores, 2020)

En la tabla 29-3 se observa los resultados del estadístico LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5 %, en donde se observa que la unidad con dorsal 18 tiene diferencia significativa con las unidades designadas con el disco 4 y 6, dicha diferencia en términos de porcentaje es del 0.11% entre la unidad 18 y 6, mientras que la diferencia entre el disco 18 y disco 4 es de 0.43%, por tanto, los valores de fósforo que presenta la unidad 18 son menores a comparación de las dos unidades restantes, esta diferencia se la tabula fácilmente al observar la letra B en la unidad 18 y la letra A en las unidades 4 y 6, además otros autores como es el caso de (Saldivia, 2013, pp-6-7) mencionan en su publicación que el valor de fósforo cambia de 1 200 ppm a 1 500 ppm en el vehículo estudiado en la ciudad de Cancún-México, dicha ciudad se encuentra entre 1 a 8 msnm como se menciona con anterioridad, por otra parte (Buchelli y García, 2015, p. 90) señalan el cambio en el valor de fósforo en el vehículo estudiado en la ciudad de Milagro-Ecuador, cambiando su valor de 1 074 ppm a 1 300 ppm, la ciudad en mención se encuentra a 12 msnm, (Altamirano, 2017, p.58) a su vez menciona que el valor de fósforo cambia de su valor base fijado en 1 012 ppm a 1 181 ppm en el vehículo estudiado en la ciudad de Latacunga-Ecuador ubicada a 2 850 msnm, si bien los datos no son comparables ya que los motores y el aceite empleado en los mismo son diferentes, estos muestran que las unidades que trabajan a menor altitud presentan un mayor índice de fósforo, esto se nota en los discos 4 y 6 a comparación del disco 18 que presenta un valor menor, por tanto las condiciones geográficas inciden en esta variable por lo que la protección anti desgaste se ve afectada a mayor altitud.

Tabla 29-3: LSD P

Factor	N	Media	Agrupación	
Disco 6	3	963.0	A	
Disco 4	3	960.3	A	
Disco 18	3	931.00		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: (Autores, 2020)

En el gráfico 27-3 se observa el diagrama de cajas obtenida del tratamiento estadístico de los datos de la variable Potasio, en este se observa con claridad que la caja de datos del disco 18 tiene gran diferencia en su disposición a comparación de las cajas obtenidas de las unidades 4 y 6, por tanto, la diferencia significativa presentada por el método LSD, también se observa a simple vista en la figura.

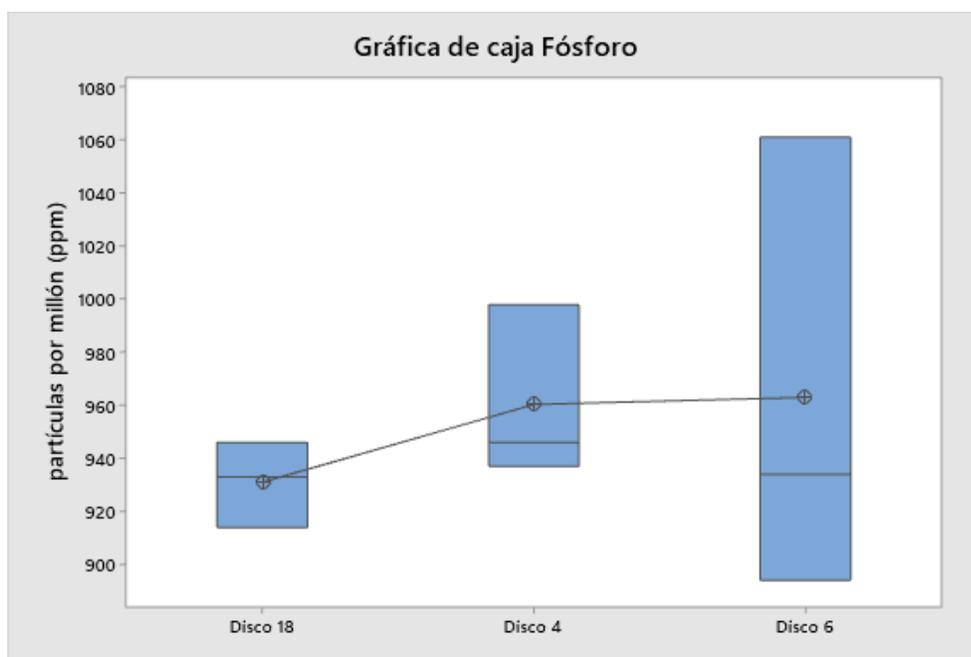


Gráfico 27-3. Gráfico de caja de P

Fuente: (Autores, 2020)

CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos del análisis de aceite, se puede afirmar que existe una diferencia en el desgaste del aceite lubricante, debido a las distintas condiciones geográficas que presenta el país, prueba de ello se tiene un 2.09% de diferencia en la viscosidad del aceite entre la unidad de estudio designada con el disco 18 la misma que cubre rutas de mayor altitud a comparación de la unidad 6, además el hollín presenta una diferencia del 41,67% entre las unidades antes mencionadas, la diferencia porcentual del hollín se ve ligada a la falta de oxígeno a mayor altitud produciendo combustiones incompletas y la mayor presencia de este contaminante en el aceite, por otra parte la nitratación, sulfatación y la oxidación no cambian al momento del análisis ya que estos varían con respecto al combustible utilizado que en nuestro caso es el mismo para los tres vehículos, por ello se sugiere a los discos 4 y 6 el cambio de aceite a los 10 000Km lo que representa un aumento de 3000 km en su recorrido, mientras que al disco 18 se recomienda el cambio de aceite a los 8 500 Km lo que representa el aumento de 1500 km más en su recorrido, esto basado en la observación del paquete de aditivos del análisis de aceite ya que en este se observa que el calcio tiene una diferencia de 5.72% , el magnesio una diferencia del 20%, el zinc tiene 1.54% y el potasio 0.11 a 0.43%
- La tabulación de los resultados provenientes del laboratorio se da por medio de tablas creadas para cada variable, en las cuales los datos se agrupan acorde al kilometraje y al número de unidad de estudio las mismas que se designan con un color diferente, de esta manera la unidad 18 lleva color azul, la unidad 4 color tomate y la unidad 6 el color amarillo, para interpretar dicha información se utiliza la estadística como herramienta principal, el análisis ANOVA se aplica a los datos de todas las variables con el fin de conocer si las unidades de estudio son diferentes entre sí, además se utiliza el análisis LSD para identificar las unidades de estudio que mantienen diferencia significativa, con la combinación de estos dos análisis sumado a las gráficas de cada variable resulta didáctico entender e interpretar los resultados.
- Las muestras de aceite lubricante para motor obtenidas a los 3 000 Km, 6 000 Km y 8 500 Km de las unidades de estudio designadas con los discos 18, 4 y 6 siguen los procedimientos de muestreo que indica el laboratorio, dentro del procedimiento la herramienta principal es la bomba manual de vacío 1U-5718 comúnmente denominada vampiro, esta bomba facilita la extracción del aceite hacia los frascos para muestra, asegurando que los ejemplares no sufran contaminación cruzada, eso sumado al control de ruta ejercido en todas las unidades operativas junto al alto

grado de eficacia del laboratorio, aseguran la veracidad de los datos, además que ayudan al control de las unidades para evitar daños por anomalías existentes.

- Al recopilar información acerca de los análisis de aceite y pruebas tribológicas, resulta evidente la eficacia y facilidades que brindan estos exámenes, ya que se transforma en una herramienta fiable para determinar el estado de un vehículo y sugerirse cambios en los mantenimientos programados del mismo, además la extracción de una muestra de aceite resulta más factible que desmontar todo un motor para determinar ciertos fallos en este, obteniendo resultados de manera inmediata.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el filtro de aceite original en todas las unidades de estudio, o a su vez utilizar la misma marca de filtro para todos los vehículos a estudiar, de este modo se asegura que las pruebas realizadas tengan las mismas condiciones en todos los vehículos, ya que el aceite y el filtro serán los mismos, por tanto, se asegura la fidelidad de los datos y las variaciones en ellos no dependerán de otros factores que no sean los que intervienen en el estudio.
- Es recomendable utilizar el equipo adecuado para la extracción de muestras de aceite usado, la bomba manual de vacío 1U-5718, el frasco para muestra y la manguera transparente de ¼ de pulgada aseguran que la muestra no sufra contaminación cruzada, además se debe contar con la indumentaria de protección como lo es el mandil, la mascarilla y los guantes quirúrgicos, esto sumado a que el vehículo se encuentre en un lugar aislado de la humedad y el polvo aseguran que la muestra sea confiable para su análisis.
- Una vez obtenida la muestra de aceite lubricante usado, es recomendable enviarla al laboratorio lo antes posible, de esta manera se evitarán daños en las unidades de estudio si existiesen anomalías dentro de los motores, ya que el laboratorio entrega los resultados en 24 horas, por tanto, al tener con antelación los mencionados resultados se puede realizar tareas de mantenimiento que eviten daños catastróficos en los motores de los vehículos estudiados.
- Se recomienda ampliar el número de muestras para obtener un mayor número de datos, de esta forma el análisis estadístico ANOVA será más eficaz, mostrando desde un inicio si las unidades de estudio son diferentes entre sí, además se debe mantener el análisis estadístico LSD con el fin de conocer los vehículos en estudio que mantienen diferencia significativa.

BIBLIOGRAFÍA

ALBAN, Diego.; & DEL ROSARIO, Luis. Obtención de aceite lubricante a partir de residuos de banano [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2014. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3136>

ALDAS ARGUELLO, Mario. Análisis del comportamiento de compra de lubricantes automotrices en la ciudad de Guayaquil [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador. 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9943>

ALTAMIRANO LEÓN, Geovanny. Análisis tribológico de la utilización del aceite PDV de Petroecuador SAE 15W40 para determinar el rendimiento del motor de la volqueta MACK GU813E perteneciente al cuerpo de ingenieros del ejército [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de las Fuerzas Armadas, Ingeniería Automotriz, Latacunga-Ecuador. 2017. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13198/1/T-ESPEL-MAI-0578.pdf>

BARRERA, Luis.; & VELECELA, Francisco. Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Azogues [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador. 2015. pp. 132. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7691>

BEDÓN TAYÁN, J.I. Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el gad de Ibarra [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad técnica del norte, Ingeniería en mantenimiento automotriz, Ecuador. 2018 Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7934>

BUHELLI CARPIO, L.; & GARCIA GRANIZO, V. “Detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diesel mediante la técnica de análisis de aceite /

The use of using oil analysis for early detection of faults in diesel internal combustion engines”. *Ciencia Unemi* [En línea], 2015, (Ecuador) vol.8, no. 15, pp. 84. ISSN 1390-4272. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol8iss15.2015pp84-95p. disponible en: <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3102>

CATERPILLAR. “*Servicios de S • O • S de Cat*”. 2017. S.l.: s.n.

ENRIQUEZ JARAMILLO, G.E. Diagnóstico del impacto ambiental causado por los aceites automotrices usados en la ciudad de Piñas, El Oro, Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay, Ingeniería de Mecánica Automotriz. Cuenca. 2016. Disponible en: <http://201.159.222.99/handle/datos/6265>

GALARZA MENDOZA, J.A. Plan De Mantenimiento Basado En Análisis De Aceite Para Mejorar La Disponibilidad De La Excavadora Caterpillar 390Fl De Stracon Gym – Cajamarca [en línea] (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico). Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica. (Perú). 2017. pp. 136. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3668/GalarzaMendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

IGARTUA, A. “La importancia del análisis tribológico para ahorrar costes”. *Industria Química* [En línea], 2015. Disponible en: https://www.industriaquimica.es/articulos/20151203/importancia-analisis-tribologico-ahorrar-costes#.X1K7Hu_iuUk.

INNEN 2030. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. ACEITES LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CICLO DE DIESEL. REQUISITOS.* Primera Edición. 2011. S.l.: s.n.

INTERTEK. “Análisis y evaluación del aceite lubricante”. *CALEBBRETT*.

LEÓN, L. Mantenimiento Proactivo Basado En El Análisis Y Monitoreo De Aceite Lubricante Aplicado a La Flota De Tractocamiones Freightliner [En línea] (Trabajo

de titulación). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Perú. 2017.
Disponibile en: <http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9492>

LUBLEARN. (2013). Optimización de los intervalos de cambio de aceite en vehículos pesados. Recuperado de <http://noria.mx/lublearn/optimizacion-de-los-intervalos-de-cambio-de-aceite-en-vehiculos-pesados/>

MALDONADO DÍAZ, C. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diesel basado en análisis de aceite [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2010. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2454>

MAVESA. “*Ficha A4 HINO AK FC*”, (2017), (Ecuador).

MEJÍA CHIRIBOGA, C. Análisis de los parámetros del motor en base de estudio del lubricante, para una gallineta CATERPILLAR 416E. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad técnica del norte, Ingeniería en mantenimiento automotriz, Ecuador. 2015 Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4959>

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA. “Por primera vez ECUADOR reciclara el 100% de lubricantes usados” Boletín N° 219, 2019, Ecuador, pp.1-2. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/por-primera-vez-ecuador-reciclara-el-100-de-lubricantes-usados/>

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA. “Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria” *Registro Oficial*, 2015, Ecuador, pp. 2-5. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>.

MOGROVEJO PASATO, C.; & SIGÜENZA CABRERA, L. Propuesta de un plan de Mantenimiento proactivo para la flota de vehículos del GAD municipal del cantón Girón en base al análisis de aceites [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador. 2020. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19398>

ORTIZ, M.; & PILOTO, R. “Aceites lubricantes usados, una Alternativa Energética”

CUJAE, 2019, Cuba pp. 3-10. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/337398056_ACEITES_LUBRICANTES_USADOS_UNA_ALTERNATIVA_ENERGETICA.

PILOTO LÒPEZ, Noel et al. “Gestión de riesgos en la lubricación y lubricantes de una flota de transporte”. *Ingeniería Mecánica* [En línea], 2020, Cuba vol. 23, no. 2, pp. 1-6. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442020000200006&script=sci_arttext&tlng=pt

PLAZA TOALA, J. Estudio de la participación de mercado de lubricantes en los Lubriservicios y Tecnicentros de la parroquia Tarqui de la ciudad de Guayaquil para la introducción del aceite de motor holandés Eurol [En línea]. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 2018. Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/31286>

PRECIADO, Ana. Evaluación del Aceite Reciclado de Cocina para su Reutilización [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador. 2017. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/30240>

PUENTE, Edwin et al. “Análisis tribológico en un motor de gasolina con dos marcas de lubricantes y la misma especificación”. *INNOVA Research Journal* [En línea], Ecuador vol. 2, no. 3, pp. 150-166. DOI 10.33890/innova.v2.n3.2017.191. Disponible en:
<http://201.159.222.115/index.php/innova/article/view/191>

ROCHA-HOYOS, Juan C., et al. Efecto de la Adición de Biodiesel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel. *Información tecnológica*, 2019, vol. 30, no 3, p. 137-146. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642019000300137. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/333913975_Efecto_de_la_Adicion_de_Biodiesel_en_el_Rendimiento_y_la_Opacidad_de_un_Motor_Diesel

SALDIVIA, F. “Aplicación De Mantenimiento Predictivo. Caso Estudio: Análisis De Aceite Usado En Un Motor De Combustión Interna”. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity* [En línea], 2013, Mexico pp. 1-10. Disponible en: <http://www.laccei.org/LACCEI2013->

Cancun/RefereedPapers/RP264.pdf

SERRANO, Doménica. Evaluación del uso y disposición final del aceite vegetal residual proveniente de comedores en general Villamil playas, Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador. 2019. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44942>

SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.

“2’400.000 de viajes persona en el Sistema de Transporte al día”. *QUITO INFORMA*, 2017, Ecuador.

SOSA TOBAR, Edison et al. Producción Y Comercialización De Bases Y AceitesLubricantes Partiendo De Aceite Usado (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil - Ecuador. 2013. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30356>

TENESACA, F.; & HIDALGO, G. (2018). Anuario de Estadística de Transporte. Boletín técnico N°-01-2019-OE.

TORMOS, Bernardo. DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL ACEITE USADO. Barcelona-España. 2005. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DqJuqL_UzjkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=DIAGN%C3%93STICO+DE+MOTORES+DIESEL+MEDIANTE+EL+AN%C3%81LISIS%09DEL+ACEITE+USADO&ots=ki8KgpjBp3&sig=4746XEzhuBf5_Ga1ycGkOrObjio#v=onepage&q=DIAGN%C3%93STICO%20DE%20MOTORES%20DIESEL%20MEDIANTE%20EL%20AN%C3%81LISIS%09DEL%20ACEITE%20USADO&f=false

VITERI, Luis.; & JARAMILLO, Juan. Análisis de la Degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado del ilustre municipio del cantón Archidona [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2011. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/947>

ZAMBRANO BAJAÑA, M. Consumo del lubricante 12k 5w30 de la marca Golden Bear

en la provincia de Santa Elena [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador. 2016. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7798>

ANEXOS

ANEXO A: Resultados del laboratorio aceite nuevo

CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES	ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO	 <p>Av. Juan Tanca Marengo Km.3 Guayaquil, Ecuador 593-4-3731777, Ext. 1417 https://iasaglobal.com/</p>
NÚMERO DE EQUIPO: CHEVRON_C04	SERIE COMPONENTE:	
COMPONENTE: MOTOR	MODELO DEL COMP.:	
NÚMERO DE SERIE: CHEVRON_C04	FABRICANTE DEL COMP.:	
MARCA: OTHER	# CONTROL LAB:	
MODELO: ACETE_OTHER	MARCA GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40	
LUGAR DE TRABAJO:	TIPO DE FILTRO: C04	
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:	FECHA DE TÉRMINO:	
	NÚMERO GARANTÍA EXT.:	

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HOROMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-5255-0006	18/10/20	18/10/20	0	0	No			No

Normal

ES NECESARIO MÁS MUESTRAS Y LAS HORAS DE USO DEL ACEITE PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DEGRADATE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOMA OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES VERIFICANDO EL HOROMETRO Y HORAS DE USO DEL ACEITE PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mn	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P
R440-5255-0006	0	2	0	4	0	0	0	1	1	2	0	0	2472	11	1135	944

Condiciones de acidez / Conteo Partículas	ST	OX	NET	SUL	W	A	F	V100
R440-5255-0006	0	11	4	17	N	N	N	14.39

Ag = Plomo, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fosforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mn = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Niquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Plástico, N = Nitrógeno, S = Sulfuro, NET = Nitrosos, OX = Oxidación, ST = Hierro, SUL = Sulfatos, SO = Nivel de Impureza, PO = Índice de Quantificador de Partículas, NW = Agua salada, FL PR = Punto aliger, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, HDQ = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a 40C, V = Índice de Viscosidad

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

ANEXO B: Resultados del laboratorio unidad 18

CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES	ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO	 <p>Av. Juan Tanca Marengo Km.3 Guayaquil, Ecuador 593-4-3731777, Ext. 1417 https://iasaglobal.com/</p>
NÚMERO DE EQUIPO: UNIDAD 18	SERIE COMPONENTE:	
COMPONENTE: MOTOR	MODELO DEL COMP.:	
NÚMERO DE SERIE: HSA-2405	FABRICANTE DEL COMP.:	
MARCA: UNNOVIN	# CONTROL LAB:	
MODELO: UNNOVIN	MARCA GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40	
LUGAR DE TRABAJO:	TIPO DE FILTRO: C04	
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:	FECHA DE TÉRMINO:	
	NÚMERO GARANTÍA EXT.:	

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HOROMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-5255-0007	18/10/20	18/10/20	0	3000 HR	No			No

Normal

ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DEGRADATE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOMA OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mn	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P
R440-5255-0007	1	8	0	4	0	2	0	2	1	13	1	0	2488	12	1115	914

Condiciones de acidez / Conteo Partículas	ST	OX	NET	SUL	W	A	F	V100
R440-5255-0007	16	11	4	17	N	N	N	14.24

Ag = Plomo, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fosforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mn = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Niquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Plástico, N = Nitrógeno, S = Sulfuro, NET = Nitrosos, OX = Oxidación, ST = Hierro, SUL = Sulfatos, SO = Nivel de Impureza, PO = Índice de Quantificador de Partículas, NW = Agua salada, FL PR = Punto aliger, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, HDQ = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a 40C, V = Índice de Viscosidad

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

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

FAX:
FONO:
TIPO DE MUESTRA : ACEITE

CLIENTE : ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES
NÚMERO DE EQUIPO: UNIDAD 18
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: HAA-3485
MARCA: UNKNOWN
MODELO: UNKNOWN
LUGAR DE TRABAJO:
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA :

ORDEN DE TRABAJO : LABORATORIO
SERIE COMPONENTE :
MODELO DEL COMP. :
FABRICANTE DEL COMP. :
CONTROL LAB :
MARCA/GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40
TIPO DE FLUIDO : CH4
FECHA DE TÉRMINO
NÚMERO GARANTÍA EXT :



Av. Juan Tanca Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

<https://iasaglobal.com/>

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	BOBOMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-51012-0046	24/12/20	12/1/21	16593 HR	6000 HR	No			No
Normal	LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTE PERÍODO. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-50263-0007	18/12/20	18/12/20	0	3000 HR	No			No
Normal	ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DESGASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOMÉ OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ba
R440-51012-0046	2	10	0	5	0	0	4	3	1	10	0	0	2290	10	1117	946	0
R440-50263-0007	1	8	0	4	0	2	0	2	1	13	1	0	2488	12	1115	914	

Condición de aceite / Conteo Partículas	ST	OX	NT	SUL	W	A	F	V100
R440-51012-0046	26	11	5	18	N	N	N	14.266
R440-50263-0007	16	11	4	17	N	N	N	14.264

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, E = Excéntrico, NT = Nitrosación, OX = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, SO = Nivel de Impureza, POI = Índice de Coeficiente de Partículas, NaW = Agua salada, FL FS = Punto de Fluido, TAN = Número Total Ácido, TSN = Número Total Básico, TCO = Nivel de Fierro, V100 = Velocidad a 100C, V40 = Velocidad a 40C, V = Índice de Velocidad

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

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

FAX:
FONO:
TIPO DE MUESTRA : ACEITE

CLIENTE : ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES
NÚMERO DE EQUIPO: UNIDAD 18
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: HAA-3485
MARCA: UNKNOWN
MODELO: UNKNOWN
LUGAR DE TRABAJO:
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA :

ORDEN DE TRABAJO : LABORATORIO
SERIE COMPONENTE :
MODELO DEL COMP. :
FABRICANTE DEL COMP. :
CONTROL LAB :
MARCA/GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40
TIPO DE FLUIDO : CH4
FECHA DE TÉRMINO
NÚMERO GARANTÍA EXT :



Av. Juan Tanca Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

<https://iasaglobal.com/>

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	BOBOMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-51012-0047	10/1/21	12/1/21	16943 HR	6000 HR	SI			SI
Normal	LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTA MUESTRA. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-50263-0007	18/12/20	18/12/20	0	3000 HR	No			No
Normal	ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DESGASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOMÉ OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ba
R440-51012-0047	3	13	0	6	0	0	4	3	1	10	1	0	2307	10	1196	933	0
R440-50263-0007	1	8	0	4	0	2	0	2	1	13	1	0	2488	12	1115	914	

Condición de aceite / Conteo Partículas	ST	OX	NT	SUL	W	A	F	V100
R440-51012-0047	36	11	5	18	N	N	N	14.38
R440-50263-0007	16	11	4	17	N	N	N	14.264

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, E = Excéntrico, NT = Nitrosación, OX = Oxidación, ST = Hollín, SUL = Sulfatación, SO = Nivel de Impureza, POI = Índice de Coeficiente de Partículas, NaW = Agua salada, FL FS = Punto de Fluido, TAN = Número Total Ácido, TSN = Número Total Básico, TCO = Nivel de Fierro, V100 = Velocidad a 100C, V40 = Velocidad a 40C, V = Índice de Velocidad

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

ANEXO C: Resultados del laboratorio unidad 4

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO Riobamba	CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES	ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO
	NÚMERO DE EQUIPO: UNIDAD 04	SERIE COMPONENTE:
	COMPONENTE: MOTOR	MODELO DEL COMP.:
	NÚMERO DE SERIE: HAA-2574	FABRICANTE DEL COMP.:
	MARCA: UNKNOWN	# CONTROL LAB:
FAX:	MODELO: UNKNOWN	MARCA/USADO ACEITE: CHEVRON15W-40
FORMA:	LUGAR DE TRABAJO:	TIPO DE FLUIDO: CH4
TIPO DE MUESTRA: ACEITE	NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:	FECHA DE TÉRMINO NÚMERO GARANTÍA EXT:
		https://iasaglobal.com/



Av. Juan Tanca Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-51012-0048	7/1/21	12/1/21	739/100 HR	3000 HR	No			No
Normal	LOS KMS DE USO DEL ACEITE SON LOS CORRECTOS. LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DEBASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTE PERIODO. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-50963-0098	21/11/20	18/10/20	0	7500 HR	No			No
Normal	ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DEBASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOMA OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ba
R440-51012-0048	0	4	0	3	0	0	1	3	0	0	0	0	2398	9	1140	968	0
R440-50963-0098	1	5	0	4	0	0	0	2	1	2	0	0	2526	11	1135	927	

Condición de aceite / Conteo Partículas	ST	OK	NT	SUL	W	A	F	V100
R440-51012-0048	15	11	4	17	N	N	N	14.38
R440-50963-0098	20	11	5	18	N	N	N	14.428

Ag = Plata, Al = Aluminio, S = Soro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, Ni = Níquel, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Exceso, NT = Nitrosos, OK = Oxidación, ST = Hollin, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de Impureza, POI = Índice de Quantificador de Partículas, NaW = Agua salada, FL P = Punto de Fluido, TAN = Número Total Ácido, TBN = Número Total Básico, HCO = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a 40C, V = Índice de Viscosidad

Note: El propósito de este análisis es únicamente para detectar desgaste mecánico. No debe entenderse como garantía expresa o implícita de que no ocurre una falla del equipo o alguno de sus componentes.

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO Riobamba	CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES	ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO
	NÚMERO DE EQUIPO: UNIDAD 04	SERIE COMPONENTE:
	COMPONENTE: MOTOR	MODELO DEL COMP.:
	NÚMERO DE SERIE: HAA-2574	FABRICANTE DEL COMP.:
	MARCA: HINO	# CONTROL LAB: ALEX CARRILLO
FAX:	MODELO: AK	MARCA/USADO ACEITE: CHEVRON15W-40
FORMA:	LUGAR DE TRABAJO: STO. DOMINGO	TIPO DE FLUIDO: CH4 PLUS
TIPO DE MUESTRA: ACEITE	NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:	FECHA DE TÉRMINO NÚMERO GARANTÍA EXT:
		https://iasaglobal.com/



Av. Juan Tanca Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-51098-0001	21/1/21	5/2/21	742147 HR	8000 HR	No			No
Normal	LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DEBASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTA MUESTRA. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. RECUERDE REVISAR EL ESTADO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE PERIÓDICAMENTE. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-51012-0048	7/1/21	12/1/21	739/100 HR	3000 HR	No			No
Normal	LOS KMS DE USO DEL ACEITE SON LOS CORRECTOS. LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DEBASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTE PERIODO. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-50963-0098	21/11/20	18/10/20	0	7500 HR	No			No
Normal	ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DEBASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOMA OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ba
R440-51098-0001	0	6	0	5	0	0	5	3	1	0	0	0	2394	9	1117	946	0
R440-51012-0048	0	4	0	3	0	0	1	3	0	0	0	0	2398	9	1140	968	0
R440-50963-0098	1	5	0	4	0	0	0	2	1	2	0	0	2526	11	1135	927	

Condición de aceite / Conteo Partículas	ST	OK	NT	SUL	W	A	F	V100
R440-51098-0001	26	11	5	18	N	N	N	14.192
R440-51012-0048	15	11	4	17	N	N	N	14.38
R440-50963-0098	20	11	5	18	N	N	N	14.428

Ag = Plata, Al = Aluminio, S = Soro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, Ni = Níquel, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Exceso, NT = Nitrosos, OK = Oxidación, ST = Hollin, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de Impureza, POI = Índice de Quantificador de Partículas, NaW = Agua salada, FL P = Punto de Fluido, TAN = Número Total Ácido, TBN = Número Total Básico, HCO = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a 40C, V = Índice de Viscosidad

Note: El propósito de este análisis es únicamente para detectar desgaste mecánico. No debe entenderse como garantía expresa o implícita de que no ocurre una falla del equipo o alguno de sus componentes.

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES
NÚMERO DE EQUIPO: UNIDAD 04
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: HAA-0574
MARCA: HINO
MODELO: AK
LUGAR DE TRABAJO: STO. DOMINGO
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO
SERIE COMPONENTE:
MODELO DEL COMP.:
FABRICANTE DEL COMP.:
CONTROL LAB: ALEX CARRILLO
MARCA/GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40
TIPO DE FLUIDO: CH4 PLUS
FECHA DE TIRAJEO:
NÚMERO GARANTÍA EXT.:



Av. Juan Tanco Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

TIPO DE MUESTRA: ACEITE

<https://iasaglobal.com/>

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	BOBOMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-51038-0002	30/1/21	5/2/21	744000 HR	8500 HR	SI			SI
Normal	LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DEBASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTE PERÍODO. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. RECUERDE REVISAR EL ESTADO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE Y NIVEL DE ACEITE PERIÓDICAMENTE. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-51038-0001	21/1/21	5/2/21	742147 HR	8000 HR	No			No
Normal	LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DEBASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTA MUESTRA. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. RECUERDE REVISAR EL ESTADO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE PERIÓDICAMENTE. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-51012-0048	7/1/21	12/1/21	739100 HR	3000 HR	No			No
Normal	LOS KMS DE USO DEL ACEITE SON LOS CORRECTOS?. LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DEBASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTE PERÍODO. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							
R440-50253-0008	21/11/20	18/12/20	0	7500 HR	No			No
Normal	ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DEBASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOME OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ba
R440-51038-0002	0	6	0	5	0	0	3	3	1	0	0	0	2432	8	1121	937	0
R440-51038-0001	0	6	0	5	0	0	5	3	1	0	0	0	2394	8	1117	945	0
R440-51012-0048	0	4	0	3	0	0	1	3	0	0	0	0	2396	9	1140	968	0
R440-50253-0008	1	5	0	4	0	0	0	2	1	2	0	0	2528	11	1135	927	0

Condiciones de aceite / Conteo Partículas	ST	OXI	NET	SUL	W	A	F	V100
R440-51038-0002	33	11	5	18	N	N	N	14.255
R440-51038-0001	26	11	5	18	N	N	N	14.192
R440-51012-0048	15	11	4	17	N	N	N	14.38
R440-50253-0008	29	11	5	18	N	N	N	14.426

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Escala, NET = Nitrosión, OXI = Oxidación, ST = Hule, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de Impureza, POI = Índice de Quantificador de Partículas, NaW = Agua salada, FLR = Punto de Fluidez, TAN = Número Total de Ácido, TBN = Número Total Básico, HD = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100°C, V40 = Viscosidad a 40°C, VI = Índice de Viscosidad

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

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

ANEXO D: Resultados del laboratorio unidad 6

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES
NÚMERO DE EQUIPO: MA44587
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: MA44587
MARCA: HINO
MODELO: HINO
LUGAR DE TRABAJO:
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO
SERIE COMPONENTE:
MODELO DEL COMP.:
FABRICANTE DEL COMP.:
CONTROL LAB:
MARCA/GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40
TIPO DE FLUIDO:
FECHA DE TIRAJEO:
NÚMERO GARANTÍA EXT.:



Av. Juan Tanco Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

TIPO DE MUESTRA: ACEITE

<https://iasaglobal.com/>

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	BOBOMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-51012-0048	7/1/21	12/1/21	173425 HR	3000 HR	No			No
Normal	ES NECESARIO MÁS MUESTRAS PARA ESTABLECER EL HISTORIAL NORMAL DE DEBASTE. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. TOME OTRA MUESTRA A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ba
R440-51012-0048	1	4	0	4	0	0	2	3	0	0	0	0	2489	10	1228	1361	0

Condiciones de aceite / Conteo Partículas	ST	OXI	NET	SUL	W	A	F	V100
R440-51012-0048	10	11	4	17	N	N	N	14.214

Ag = Plata, Al = Aluminio, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Escala, NET = Nitrosión, OXI = Oxidación, ST = Hule, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de Impureza, POI = Índice de Quantificador de Partículas, NaW = Agua salada, FLR = Punto de Fluidez, TAN = Número Total de Ácido, TBN = Número Total Básico, HD = Karl Fisher, V100 = Viscosidad a 100°C, V40 = Viscosidad a 40°C, VI = Índice de Viscosidad

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

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES
NÚMERO DE EQUIPO: HAA-4587
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: HAA-4587
MARCA: HINO
MODELO: AK
LUGAR DE TRABAJO: STO. DOMINGO
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO
SERIE COMPONENTE:
MODELO DEL COMP.:
FABRICANTE DEL COMP.:
CONTROL LAB: ALEX CARRILLO
MARCA/GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40
TIPO DE FLUIDO:
FECHA DE TÉRMINO:
NÚMERO GARANTÍA EXT.:



Av. Juan Tanca Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

<https://iasaglobal.com/>

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-01036-0000	21/1/21	S/21	178200 HR	8000 HR	No			No

Normal

LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTA PRIMERA MUESTRA. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. RECUERDE REVISAR EL ESTADO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE PERIÓDICAMENTE. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.

Elemento de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mn	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ita
R440-01036-0003	1	5	0	5	0	0	2	3	1	1	0	0	232	8	199	84	0

Condiciones de aceite / Caudal Partículas	ST	OR	NT	SUL	W	A	F	V100
R440-01036-0003	16	11	5	18	N	N	N	14.121

Ag = Plata, Al = Aluminio, S = Soro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mn = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Escaso, NT = Nitración, OR = Oxidación, ST = Hidro, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de Impureza, PDI = Índice de Cuantificador de Partículas, NAVI = Agua salada, FL, PL = Punto de ebullición, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, HCO = Karl Fisher, V100 = Velocidad a 100C, V40 = Velocidad a 40C, V = Índice de Velocidad

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

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

CLIENTE: ALLAUCA GUALOTO WILMER ANDRES
NÚMERO DE EQUIPO: HAA-4587
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: HAA-4587
MARCA: HINO
MODELO: AK
LUGAR DE TRABAJO: STO. DOMINGO
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: LABORATORIO
SERIE COMPONENTE:
MODELO DEL COMP.:
FABRICANTE DEL COMP.:
CONTROL LAB: ALEX CARRILLO
MARCA/GRADO ACEITE: CHEVRON15W-40
TIPO DE FLUIDO: CH4 PLUS
FECHA DE TÉRMINO:
NÚMERO GARANTÍA EXT.:



Av. Juan Tanca Marengo Km.3
Guayaquil, Ecuador
593-4-3731777, Ext. 1417

<https://iasaglobal.com/>

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-01036-0004	30/1/21	S/21	178700 HR	8500 HR	SI			SI

Normal

LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTA MUESTRA. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. RECUERDE REVISAR EL ESTADO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE Y NIVEL DE ACEITE PERIÓDICAMENTE. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-01036-0003	21/1/21	S/21	178200 HR	8000 HR	No			No

Normal

LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES EN ESTA PRIMERA MUESTRA. LAS CONDICIONES DEL ACEITE ESTÁN DENTRO DE LOS RANGOS PERMITIDOS. RECUERDE REVISAR EL ESTADO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE PERIÓDICAMENTE. CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.

Elemento de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mn	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P	Ita
R440-01036-0004	1	6	0	5	0	1	2	3	1	0	0	0	2436	8	1123	304	0
R440-01036-0003	1	5	0	5	0	0	2	3	1	1	0	0	232	8	199	84	0

Condiciones de aceite / Caudal Partículas	ST	OR	NT	SUL	W	A	F	V100
R440-01036-0004	21	12	5	18	N	N	N	14.079
R440-01036-0003	16	11	5	18	N	N	N	14.121

Ag = Plata, Al = Aluminio, S = Soro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mn = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, Ti = Titanio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, E = Escaso, NT = Nitración, OR = Oxidación, ST = Hidro, SUL = Sulfatación, ISO = Nivel de Impureza, PDI = Índice de Cuantificador de Partículas, NAVI = Agua salada, FL, PL = Punto de ebullición, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, HCO = Karl Fisher, V100 = Velocidad a 100C, V40 = Velocidad a 40C, V = Índice de Velocidad

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

WILMER ANDRES ALLAUCA GUALOTO
Riobamba

ANEXO E: Tabla de control de ruta de la unidad 6

Fec ha	Ruta	# de vuel tas	Distancia (KM)	Altura inicio (msnm)	Altura fin (msnm)	Altura Promedio (msnm)	Temperatura inicio (°C)	Temperatura fin (°C)	Temperatura promedio (°C)	Humedad promedio viaje (%)
15/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	23	20	83
15/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	24	18	21	83
16/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	24	21	85
16/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	23	19	21	85
18/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	25	21	79
18/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	23	18	20.5	79
19/12/2020	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	18	28	23	80
19/12/2020	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	290.5	27	17	22	80
21/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	24	20.5	85
21/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	23	18	20.5	85
22/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	22	20	80
22/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	22	21	21.5	80
24/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	24	20.5	81
24/12/2020	Santo Domingo-	4	139	239	554	396.5	23	22	22.5	81

2020	El Carmen									
25/12/2020	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	18	27	22.5	79
25/12/2020	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	290.5	28	19	23.5	79
27/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	23	20.5	82
27/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	22	19	20.5	82
28/12/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	19	25	22	83
28/12/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	26	19	22.5	83
30/12/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	20	26	23	81
30/12/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	24	20	22	81
03/01/2021	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	18	29	23.5	80
03/01/2021	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	290.5	28	21	24.5	80
04/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	23	20	84
04/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	25	22	23.5	84
06/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	22	19.5	83
06/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	2802	23	20	21.5	83
07/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	19	23	21	80

07/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	22	19	20.5	80
09/01/2021	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	20	28	24	78
09/01/2021	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	2802	27	18	22.5	78
10/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	19	24	21.5	83
10/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	24	19	21.5	83
12/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	22	19.5	81
12/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	2802	24	17	20.5	81
13/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	22	20	84
13/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	25	18	21.5	84
15/01/2021	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	19	27	23	80
15/01/2021	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	2802	27	17	22	80

ANEXO F: Tabla de control de ruta de la unidad 4

Fec ha	Ruta	# de vuel tas	Distancia (KM)	Altura inicio (msnm)	Altura fin (msnm)	Altura Promedio (msnm)	Temperatura inicio (°C)	Temperatura fin (°C)	Temperatura promedio (°C)	Humedad promedio viaje (%)
15/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	23	20	83
15/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	24	18	21	83
16/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	24	21	85
16/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	23	19	21	85
18/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	25	21	79
18/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	23	18	20.5	79
19/12/2020	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	18	28	23	80
19/12/2020	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	290.5	27	17	22	80
21/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	24	20.5	85
21/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	23	18	20.5	85
22/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	22	20	80
22/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	22	21	21.5	80
24/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	24	20.5	81
24/12/2020	Santo Domingo-	4	139	239	554	396.5	23	22	22.5	81

2020	El Carmen									
25/12/2020	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	18	27	22.5	79
25/12/2020	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	290.5	28	19	23.5	79
27/12/2020	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	23	20.5	82
27/12/2020	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	22	19	20.5	82
28/12/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	19	25	22	83
28/12/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	26	19	22.5	83
30/12/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	20	26	23	81
30/12/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	24	20	22	81
03/01/2021	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	18	29	23.5	80
03/01/2021	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	290.5	28	21	24.5	80
04/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	23	20	84
04/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	25	22	23.5	84
06/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	22	19.5	83
06/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	2802	23	20	21.5	83
07/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	19	23	21	80

07/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	22	19	20.5	80
09/01/2021	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	20	28	24	78
09/01/2021	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	2802	27	18	22.5	78
10/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	19	24	21.5	83
10/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	24	19	21.5	83
12/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	17	22	19.5	81
12/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	2802	24	17	20.5	81
13/01/2021	El Carmen-Santo Domingo	4	139	554	239	396.5	18	22	20	84
13/01/2021	Santo Domingo-El Carmen	4	139	239	554	396.5	25	18	21.5	84
15/01/2021	El Carmen-Pedernales	4	400	554	27	290.5	19	27	23	80
15/01/2021	Pedernales-El Carmen	4	400	27	554	2802	27	17	22	80