

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

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

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN Y VIDA ÚTIL DEL LUBRICANTE  
MOTOR, EN UN VEHÍCULO MODELO ACTROS 3353S MEDIANTE  
ENSAYOS DE VISCOSIDAD Y TBN”**

**AUTORES:**

HENRY ROLANDO GUAMÁN ALBARRACÍN

OSWALDO MARCELO ÁVILA PESÁNTEZ

**TUTOR:**

ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2020

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Henry Rolando Guamán Albarracín con documento de identificación N° 0105438626 y Oswaldo Marcelo Ávila Pesántez con documento de identificación N° 0104025606, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN Y VIDA ÚTIL DEL LUBRICANTE MOTOR, EN UN VEHÍCULO MODELO ACTROS 3353S MEDIANTE ENSAYOS DE VISCOSIDAD Y TBN”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

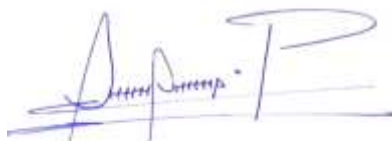
En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad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

Cuenca, abril del 2020



Henry Rolando Guamán Albarracín

C.I. 0105438626



Oswaldo Marcelo Ávila Pesántez

C.I. 0104025606

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN Y VIDA ÚTIL DEL LUBRICANTE MOTOR, EN UN VEHÍCULO MODELO ACTROS 3353S MEDIANTE ENSAYOS DE VISCOSIDAD Y TBN”**, realizado por Henry Rolando Guamán Albarracín y Oswaldo Marcelo Ávila Pesántez, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2020



---

Ing. Lauro Fernando Barros Fajardo, Msc.

C.I. 0103653457

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Henry Rolando Guamán Albarracín con documento de identificación N° 0105438626 y Oswaldo Marcelo Ávila Pesántez con documento de identificación N° 0104025606, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN Y VIDA ÚTIL DEL LUBRICANTE MOTOR, EN UN VEHÍCULO MODELO ACTROS 3353S MEDIANTE ENSAYOS DE VISCOSIDAD Y TBN”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, abril del 2020



Henry Rolando Guamán Albarracín

C.I. 0105438626



Oswaldo Marcelo Ávila Pesántez

C.I. 0104025606

## AGRADECIMIENTO

Agradesco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Arturo Guamán y Maria Albarracin, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mi, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Tambien a mi compañera de vida Katherine por ser ese pilar fundamental, gracias por todo el apoyo brindado, por todo tu amor y paciencia.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Politecnica Salesiana, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al master Lauro Barros tutor del proyecto de investigación quien nos ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

HENRY GUAMAN

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la fortaleza y la paciencia que con su amor a sabido guiarme por el sendero del bien todo este tiempo permitiéndome alcanzar con éxito mi sueño y el de toda mi familia. ¡GRACIAS DIOS!.

A mis padres y hermanos que me apoyaron y creyeron en mí, que inyectaron con amor las fuerzas para culminar esta meta trazada durante todo este tiempo de mi carrera universitaria.

A mi esposa y mis hijos por el apoyo incondicional convirtiéndose en mi razón de vivir mi incentivo día tras día con su amor y paciencia.

Agradezco a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana por ser los cultivadores de enseñanzas en todo este tiempo de formación.

Al Ing. Lauro Barros tutor de nuestro proyecto por apoyarnos y guiarnos durante la investigación, siendo parte fundamental para llegar a culminar nuestra carrera universitaria.

Al Ing. Xavier Armas gerente de CONAUTO en la ciudad de Cuenca por permitirnos realizar los análisis de las respectivas muestras en el laboratorio SWISSOIL, siendo parte clave para el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a la compañía BRACAZUA S.A por el apoyo brindado y darnos la oportunidad de realizar esta investigación en una de sus unidades de transporte.

OSWALDO AVILA

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madre, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a usted eh logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi pareja Katherine gracias por ayudarme en los momentos mas turbulentos. Sin tu apoyo este proyecto no se hubiera culmidado, siempre estuviste motivandome y apoyandome hasta donde tus alcances lo permitian, te agradezco infinitamente mi vida.

También a todas las personas que me han apoyado, amigos, familia y han hecho que el trabajo se realice con éxito. En especial a la compañía BRACAZUA S.A que nos abrió sus puertas para realizar la investigación y al Ing. Xavier Armas gerente de CONAUTO que compartió sus conocimientos.

HENRY ROLANDO GUAMAN ALBARRACIN

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación es dedicado primero a Dios por permitirme la vida y darme la fortaleza, la valentía para llegar a culminar con éxito la presente.

A mis queridos padres Marcelo y Rosa, los incursionadores de esta etapa de mi vida que con amor y esfuerzo supieron brindarme el apoyo incondicional para finalizar mi sueño y de mi familia. A mis hermanos Bernarda y Andres que son parte fundamental en mi vida.

A mi amada esposa Diana y mis amados hijos Kimberly Estefania y Cristhian Marcelo que con amor y paciencia me brindaron ese apoyo absoluto todo el tiempo que perseguí hacer realidad este sueño que ahora disfrutaremos juntos con la bendición de nuestro padre Dios.

OSWALDO MARCELO AVILA PESANTEZ



## RESUMEN

En el presente estudio se desarrolla una propuesta para mejorar el proceso de mantenimiento de vehículos de la compañía de transporte pesado BRACAZUA S.A. basándonos en el análisis de aceite usado en motores diésel. La Empresa se dedica al transporte de materiales pétreos, a diversas localidades del país. Necesitando que los vehículos sean modernos y que cuenten con un correcto mantenimiento permitiendo un óptimo funcionamiento para el transporte de la carga. Las unidades por su trabajo necesitan motores de doce mil centímetros cúbicos.

El costo de mantenimiento preventivo por cada unidad es alto, es por tal motivo que los socios de la compañía buscan la forma de abaratar costos de mantenimiento. El más representativo es el cambio de aceite ya que este representa un costo directo de 6.900USD anuales por vehículo. Por tal razón mediante un estudio de análisis de aceite se investigará los factores que intervienen en la durabilidad del lubricante.

Como primer punto tenemos la realización del fundamento teórico sobre el funcionamiento de los motores de combustión interna diésel, la descripción de las partes del motor y también el tipo de sistema de lubricación utilizado en estos motores. A partir de estos temas, se investigó herramientas predictivas para el mantenimiento, la más actual es análisis de aceite y la tribología de lubricantes.

Continuamente, se procedió a realizar un mantenimiento preventivo en la unidad para obtener un mejor desempeño y evaluar la durabilidad de lubricante en base a su kilometraje recorrido. También se realizó el proceso de muestreo, para el cual se estableció pasos estandarizados que garantizan una obtención de muestra pura sin contaminación externa, obteniendo resultados valederos. Se realizó los ensayos técnicos en un laboratorio que nos permita obtener resultados de sus propiedades y así poder analizar la viscosidad y el TBN, ya que estas son una de las propiedades importantes que rigen en la vida útil del lubricante.

Finalmente, los resultados se clasificaron en tres parámetros Rutina, TBN y metales permitiendo su correcta evaluación e interpretación. Los reportes de los análisis se evaluaron en función de los límites condenatorios. Concluyendo que el rango máximo de vida útil del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 es de 12.000Km recorridos y generado un ahorro económico a la compañía BRACAZUA S.A de 2.300 USD.

## SUMMARY

In this study, a proposal is developed to improve the vehicle maintenance process of the heavy transport company BRACAZUA S.A. based on the analysis of used oil in diesel engines. The Company is dedicated to the transportation of stone materials to various locations in the country. Needing that the vehicles are modern and have a correct maintenance allowing an optimal operation for the transport of the load. The units for their work need engines of twelve thousand cubic centimeters.

The cost of preventive maintenance for each unit is high, which is why the company's partners are looking for ways to lower maintenance costs. The most representative is the oil change since it represents a direct cost of 6,900 USD per year per vehicle. For this reason, an oil analysis study will investigate the factors involved in the durability of the lubricant.

As a first point we have the realization of the theoretical foundation on the operation of diesel internal combustion engines, the description of the engine parts and also the type of lubrication system used in these engines. Based on these topics, predictive maintenance tools were investigated, the most current being oil analysis and lubricant tribology.

Continuously, preventive maintenance was performed on the unit to obtain better performance and evaluate the durability of the lubricant based on its mileage. The sampling process was also carried out, for which standardized steps were established that guarantee obtaining a pure sample without external contamination, obtaining valid results. Technical tests were carried out in a laboratory that allows us to obtain results of its properties and thus be able to analyze viscosity and TBN, since these are one of the important properties that govern the useful life of the lubricant.

Finally, the results were classified into three parameters: Routine, TBN and metals, allowing their correct evaluation and interpretation. The analysis reports were evaluated based on the condemnatory limits. Concluding that the maximum useful life range of the Delo 400XLE SAE15W-40 lubricant is 12,000 km traveled and generated an economic saving for the company BRACAZUA S.A of 2,300 USD.

# INDICE GENERAL

<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VII</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IX</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>X</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>XV</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO .....</b>	<b>XIX</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>XX</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>XXI</b>
<b>1. CAPITULO PRIMERO: ESTADO DEL ARTE: .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1. MOTOR DIESEL .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.1. COMPONENTES BÁSICOS .....</b>	<b>23</b>
<b>1.1.2. CICLOS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2. SISTEMAS DE LUBRICANTES EN MOTORES DIESEL .....</b>	<b>28</b>
<b>1.2.1. CIRCUITO DE LUBRICACIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.2. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DIÉSEL .....</b>	<b>30</b>
<b>1.2.4. FILTRADO .....</b>	<b>34</b>
<b>1.3. LUBRICANTE .....</b>	<b>38</b>
<b>1.3.1. TIPOS DE PROCESOS DE REFINACIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES .....</b>	<b>40</b>
<b>1.3.3. PELÍCULA LUBRICANTE .....</b>	<b>45</b>
<b>1.4. TIPOS DE LUBRICACION .....</b>	<b>46</b>
<b>1.4.1. LUBRICACIÓN SÓLIDA O LÍMITE .....</b>	<b>47</b>
<b>1.4.2. LUBRICACIÓN FLUIDA .....</b>	<b>47</b>
<b>1.4.3. LUBRICACIÓN ELASTOHIDRODINÁMICA O EHL .....</b>	<b>48</b>
<b>1.5. TRIBOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
<b>1.5.1. EL CONSUMO DE ACEITE EN MOTORES .....</b>	<b>49</b>
<b>1.5.2. DESGASTE EN EL MOTOR QUE EVITA LA LUBRICACIÓN .....</b>	<b>51</b>

1.6.	ACEITES DEL MOTOR DIESEL .....	53
1.6.1.	ACEITE BASE.....	53
1.6.2.	TIPOS .....	53
1.7.	MANTENIMIENTO .....	54
1.7.1.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO:.....	54
1.7.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO:.....	54
1.7.3.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO:.....	55
2.	CAPITULO SEGUNDO: MUESTREO DEL ACEITE .....	56
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL VEHICULO .....	56
1.1.1.	CARACTERISTICAS DEL MOTOR .....	57
2.1.2.	ACEITE UTILIZADO EN EL TRACTO CAMIÓN .....	58
2.1.3.	DESCRIPCION DEL PRODUCTO .....	58
2.1.4.	CARACTERISTICAS DEL ACEITE PARA EL MUESTREO .....	59
2.2.	AFINAMIENTO DEL VEHÍCULO ACTROS 3353S .....	60
2.2.1.	CAMBIO DE ACEITE.....	60
2.2.2.	CAMBIO DEL FILTRO DE AIRE .....	62
2.2.3.	CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE .....	63
2.2.4.	AIR DRYER.....	65
2.2.5.	CAMBIO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE .....	66
2.2.6.	REAJUSTE DEL CABEZOTE .....	67
2.3.	METODO DE TOMA DE MUESTRA .....	68
2.3.1.	PUNTOS QUE PUEDEN REALIZAR LA TOMA DE MUESTRA .....	69
2.3.2.	PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE.....	71
2.3.3.	CONSIDERACIONES PARA UN BUEN RESULTADO .....	72
2.3.4.	DESCRIPCION DEL EQUIPO UTILIZADO PARA EL MUESTREO .....	73
2.4.	PROCESO DE MUESTREO .....	77
3.	CAPITULO TERCERO: IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	85
3.1.	ANÁLISIS DE ACEITE .....	85
3.1.1.	PARÁMETROS A ANALIZAR .....	86
3.1.2.	NORMAS .....	87
3.2.	VISCOSIDAD.....	87
3.2.1.	EFFECTOS EN LA VISCOSIDAD .....	88
3.3.	TBN .....	90
3.4.	LIMITES CONDENATORIOS .....	90
3.5.	TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	93
3.6.	ANALISIS A LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS .....	94

<b>3.7. RUTINA .....</b>	<b>95</b>
<b>3.7.1. APARIENCIA .....</b>	<b>95</b>
<b>3.7.2. AGUA POR CREPITACION .....</b>	<b>97</b>
<b>3.7.3. VISCOSIDAD .....</b>	<b>99</b>
<b>3.8. TBN .....</b>	<b>102</b>
<b>3.9. METALES.....</b>	<b>106</b>
<b>3.9.1. Cromo (Cr).....</b>	<b>106</b>
<b>3.9.2. Níquel (Ni) .....</b>	<b>108</b>
<b>3.9.3. Cobre (Cu) .....</b>	<b>109</b>
<b>3.9.4. Estaño (Sn).....</b>	<b>110</b>
<b>3.9.5. Aluminio (Al).....</b>	<b>111</b>
<b>3.9.6. Plomo (Pb).....</b>	<b>112</b>
<b>3.9.7. Hierro (Fe) .....</b>	<b>113</b>
<b>3.9.8. Silicio (Si) .....</b>	<b>114</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>119</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>
ANEXO A1: INFORME DE LA PRIMERA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 03/06/2019 .....	123
ANEXO A2: INFORME DE LA SEGUNDA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 09/06/2019 .....	124
ANEXO A3: INFORME DE LA TERCERA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 14/06/2019 .....	125
ANEXO A4: INFORME DE LA CUARTA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 19/06/2019 .....	126
ANEXO A5: INFORME DE LA QUINTA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 27/06/2019 .....	127
ANEXO A6: INFORME DE LA SEXTA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 05/07/2019 .....	128
ANEXO A7: INFORME DE LA SEPTIMA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 12/07/2019 .....	129
ANEXO A8: INFORME DE LA OCTAVA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 19/07/2019 .....	130
ANEXO A9: INFORME DE LA NOVENA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 23/07/2019 .....	131
ANEXO A10: INFORME DE LA DECIMA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 29/07/2019 .....	132

ANEXO A11: INFORME DE LA ONCEAVA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 05/08/2019 .....	133
ANEXO A12: INFORME DE LA DOCEAVA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 08/08/2019 .....	134
ANEXO B1: INFORME DE LA MUESTRA ANTES DEL AFINAMIENTO REPORTADO POR SWISSOIL 27/05/2019 .....	135
ANEXO B2: CERTIFICADO DE LA COMPAÑÍA CONAUTO DE HABER REALIZADO LOS 13 ANALISIS EN SUS LABORATORIOS SWISSOIL .....	136
ANEXO B3: CERTIFICADOS QUE AUTORIZAN A LOS LABORATORIOS SWISSOIL A REALIZAR ANALISIS DE ACEITES.....	137
ANEXO B4: CERTIFICADOS QUE AUTORIZAN A LOS LABORATORIOS SWISSOIL A REALIZAR ANALISIS DE ACEITES.....	138
ANEXO C1: TABLA DE LA CLASIFICACIÓN API .....	139
ANEXO C2: TABLA DE ACEITES PARA MOTORES DIÉSEL .....	140
ANEXO C3: TABLA DE LA CLASIFICACIÓN DE LA VISCOSIDAD .....	141
ANEXO C4: TABLA DE LAS PROPIEDADES BASE DEL LUBRICANTE CHEVRON DELO® 400 XLE SAE 15W-40 .....	142
ANEXO C5: TABLA DE LOS LIMITES CONDENATORIOS DEL LABORATORIO SWISS OÍL. ....	143

# INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1	Rudolf Diesel y primer motor Diesel .....	22
Figura 1.2	Motor Diesel .....	23
Figura 1.3	Bloque motor en “V” y culatas .....	24
Figura 1.4	Cigüeñal .....	25
Figura 1.5	Culata. ....	26
Figura 1.6	Ciclo Admisión Diésel. ....	26
Figura 1.7	Ciclo Compresión Diésel. ....	27
Figura 1.8	Ciclo Potencia Diésel. ....	27
Figura 1.9	Ciclo Escape Diésel. ....	28
Figura 1.10	Carter. ....	31
Figura 1.11	Esquema de una bomba de engranaje y bomba de lóbulos .....	32
Figura 1.12	Tubería .....	33
Figura 1.13	Intercambiadores .....	33
Figura 1.14	Filtración .....	34
Figura 1.15	Filtración del aire .....	35
Figura 1.16	Filtro de Aceite .....	36
Figura 1.17	Filtro de combustible .....	37
Figura 1.18	Destilación primaria .....	39
Figura 1.19	Refinación De Aceites .....	39
Figura 1.20	Parámetros de Lubricación $n \cdot v / f_n$ .....	46
Figura 2.1	Tracto camión Mercedes Benz Actros 3353.....	57
Figura 2.2	Motor Mercedes Benz Actros .....	58
Figura 2.3	Aceite Delo® 400 XLE SAE 15W-40.....	58
Figura 2.4	Aceite SAE 15W-40 utilizado para el tracto camión.....	62
Figura 2.5	Composición de un filtro de aire .....	62
Figura 2.6	Filtro de Aire. ....	63
Figura 2.7	Partes del filtro de aceite. ....	64
Figura 2.8	Cambio de filtros de aceite .....	65
Figura 2.9	Cambio del Air dryer. ....	66
Figura 2.10	Reajuste de los pernos del cabezote.....	68
Figura 2.11	Drenaje por tapón. ....	70
Figura 2.12	Muestreo con manguera y bomba de vacío .....	70
Figura 2.13	Bomba de muestreo. ....	71
Figura 2.14	Toma del Kilometraje en el tracto camión. ....	72
Figura 2.15	Temperatura de trabajo. ....	72
Figura 2.16	Vehículo de la compañía BRACAZUA S.A .....	74
Figura 2.17	Lubricante a analizar Aceite Delo® 400 XLE SAE 15W-40. ....	74
Figura 2.18	Bomba de succión. ....	75
Figura 2.19	Deposito de la muestra. ....	75
Figura 2.20	Manguera transparente de 1/8. ....	76
Figura 2.21	Etiqueta de datos de información de la muestra. ....	76
Figura 2.22	Elementos de limpieza. ....	77
Figura 2.23	Funda hermética. ....	77
Figura 2.24	Posición del vehículo. ....	78
Figura 2.25	Indicador de temperatura. ....	78

Figura 2.26	Kilometraje del tracto camión.	79
Figura 2.27	Nivel actual del lubricante.	79
Figura 2.28	Limpieza en la superficie donde se tomará la muestra.	80
Figura 2.29	Recipiente dentro del bolsa hermética.	80
Figura 2.30	Acoplamiento de la botella y la bomba.	81
Figura 2.31	Acople de la manguera y el orificio de medición del aceite.	81
Figura 2.32	Extracción de la muestra de aceite.	82
Figura 2.33	Finalización de la extracción y desacoplamiento de bomba y el tractor.	82
Figura 2.34	Llenado de datos técnicos.	83
Figura 2.35	El envío debe ser máximo en 24 horas.	83
Figura 3.1	Aceite SAE 15w-40	88
Figura 3.2	Diferenciación del lubricante Delo 400XLE 15w40 usado y un nuevo.	95
Figura 3.3	Comparación de los límites de Viscosidad.	100
Figura 3.4	Comparativa de Viscosidad	101
Figura 3.5	Comportamiento de la Viscosidad del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	102
Figura 3.6	Comparativa del Tbn	104
Figura 3.7	Comportamiento del TBN del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	105
Figura 3.8	Comportamiento del Cromo del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	107
Figura 3.9	Comportamiento del Níquel del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	108
Figura 3.10	Comportamiento del Cobre del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	109
Figura 3.11	Comportamiento del Estaño del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	110
Figura 3.12	Comportamiento del Aluminio del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	111
Figura 3.13	Comportamiento del Plomo del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	112
Figura 3.14	Comportamiento del Hierro del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	113
Figura 3.15	Comportamiento del Silicio del aceite Delo 400XLE SAE15W-40	115



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Elementos localizados en el bloque .....	24
Tabla 1.2 Elementos que van acoplados a la culata .....	25
Tabla 1.3 Sistema de lubricación. ....	30
Tabla 1.4 Tipos de bombas. ....	32
Tabla 1.5 Función de filtros. ....	35
Tabla 1.6 Lugares con presencia de polvo. ....	36
Tabla 1.7 Diferenciación de aceites .....	40
Tabla 1.8 Evolución de la clasificación API .....	41
Tabla 1.9 Evolución de aceites para motores Diesel.....	42
Tabla 1.10 Clasificación de los aceites según su viscosidad. ....	44
Tabla 1.11 Requerimientos adiciones de la clasificación. ....	45
Tabla 1.12 Tipos de géneros de desgaste en partes del motor. ....	51
Tabla 2.1 Datos del vehículo Mercedes Benz Actros 3353.....	56
Tabla 2.2 Características del motor Mercedes Benz Actros.....	57
Tabla 2.3 Propiedades base del aceite Delo® 400 XLE SAE 15W-40 .....	59
Tabla 2.4 Datos del filtro de aceite.....	65
Tabla 2.5 Datos técnicos del air dryer T250W. ....	65
Tabla 2.6 Dimensiones del filtro de combustible.....	67
Tabla 2.7 Torques que se le realiza el Mercedes Benz. ....	68
Tabla 3.1 Parámetros del análisis de aceite del laboratorio.....	86
Tabla 3.2 Causas para la variación de la viscosidad en los aceites usados. ....	89
Tabla 3.3 Efectos de tener una Viscosidad excesivamente alta o baja .....	89
Tabla 3.4 Causas de bajo y altos Tbn .....	90
Tabla 3.5 Limites condenatorios de la compañía CHEVRON.....	91
Tabla 3.6 Propiedades del aceite Sae 15w-40. ....	92
Tabla 3.7 Limites condenatorios del laboratorio Swiss oil. ....	92
Tabla 3.8 Numero de muestras respecto al kilometraje recorrido.....	93
Tabla 3.9 Resultados del análisis a los 8546Km. Fuente: Autor .....	94
Tabla 3.10 Apariencia del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 según el Kilometraje recorrido.....	96
Tabla 3.11 Proceso de agua por crepitación.....	97
Tabla 3.12 Resultado de presencia de agua del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 según el Kilometraje recorrido. ....	98
Tabla 3.13 Comparación de límites de viscosidad. ....	99
Tabla 3.14 Valores de viscosidad en función del recorrido. ....	101
Tabla 3.15 Valores del TBN en función del recorrido .....	103
Tabla 3.16 Relación entre metales de desgaste del aceite y elementos en falla del motor. ....	106
Tabla 3.17 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Cromo (Cr) .....	107
Tabla 3.18 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Níquel (Ni) .....	108
Tabla 3.19 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Cobre (Cu).....	109
Tabla 3.20 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Estaño (Sn) .....	110
Tabla 3.21 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Aluminio (Al) .....	111
Tabla 3.22 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Plomo (Pb) .....	112
Tabla 3.23 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Hierro (Fe). ....	113
Tabla 3.24 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Silicio (Si) .....	114

## INTRODUCCIÓN

Los vehículos de los socios de la compañía “BRACAZUA S.A.” demanda altos costos de mantenimiento preventivo este proyecto de investigación busca ayudar a optimizar mejor los recursos económicos de la compañía “BRACAZUA S.A.”. Realizando un estudio de la degradación del lubricante utilizado y determinar el rango máximo de vida útil del mismo, con procedimientos de recopilación de muestras del lubricante para ser analizadas en un laboratorio químico.

En primer lugar, se recopilará información relacionada con análisis de lubricantes motores diésel para saber los factores que inciden la degradación y vida útil en referencia a tesis, artículos científicos, libros y páginas web.

En segundo lugar, se procederá a recopilar muestras siguiendo el patrón de muestreo a determinados kilómetros de recorridos. El lubricante se depositará en un recipiente para ser enviadas al laboratorio efectuando el análisis de sus propiedades química.

Finalmente, se procederá evaluar los resultados obtenidos en el laboratorio, haciendo una comparativa de los límites dados por el fabricante, determinando los factores de la degradación y la pérdida de sus propiedades de viscosidad y TBN. Este estudio ayudara a los socios de la compañía a un mejor mantenimiento predictivo mejorando su estado financiero y con una contribución en el campo automotriz.

## ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

La Compañía De Transporte Pesado BRACAZUA S.A. se dedica al transporte de materiales pétreos para las diversas construcciones en la localidad del Austro y a nivel del país, por lo tanto, los socios de la compañía utilizan vehículos modernos con motores potentes superando los doce mil centímetros cúbicos, ya que son motores que permiten un rendimiento óptimo para el transporte de carga pesada favoreciendo la entrega y distribución de los materiales pétreos.

Estos vehículos genera altos costos de mantenimiento preventivo por su tipo de carga, las distancias largas y el tipo de vías que frecuentemente recorren, es por tal razón que los socios de la compañía buscan la forma de abaratar costos de mantenimiento preventivo, talvez en el cambio de aceite ya que los vehículos recorren un promedio de 450 kilómetros diariamente, necesitando realizar cada 18 días o 8100 km de trabajo un cambio de lubricante, es así que se consideran 15 cambios anuales aproximadamente a un costo de 460USD por cada unidad, de esta manera anualmente genera un costo de 6.900USD en el año.

En este grupo de transporte pesado se ha realizado limitadas pruebas o análisis de la vida útil del lubricante, rigiéndose a recomendaciones de distribuidores y mecánicos. Estas unidades necesitan un mantenimiento preventivo para su correcto funcionamiento generando así varios gastos siendo uno de estos el deterioro del aceite del motor

La carencia de estudios de tribología y técnicas no intrusivas en la compañía “BRACAZUA S.A. de transporte de materiales pétreos, genera incertidumbre en la durabilidad del lubricante empleado, este tipo de transporte demanda alto costo de operación por lo que la confiabilidad de un equipo puede aumentar al analizar el comportamiento del lubricante.

## JUSTIFICACIÓN

Mediante un estudio técnico del comportamiento del aceite en el vehículo modelo Actros 3353s, se podrá determinar su estado y nivel de degradación de acuerdo con el funcionamiento en las unidades de transporte de la empresa BRACAZUA S.A. Al obtener esta información permitirá decidir en prolongar y reducir los tiempos de cambios del aceite motor, de esta forma establecer si pudiera convertirse en un ahorro económico.

Se realizará los ensayos técnicos en un laboratorio que nos permita obtener resultados de sus propiedades y así poder analizar la viscosidad y el TBN, ya que estas son unas de las propiedades importantes que rigen en la vida útil del lubricante.

Con la realización de este proyecto se busca determinar un rango máximo de la vida útil del lubricante motor que permita a la compañía de transporte pesado BRACAZUA S.A optimizar mejor los recursos económicos.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

- Analizar la degradación y vida útil del lubricante motor, en un vehículo modelo Actros 3353s mediante ensayos de viscosidad y TBN.

## OBJETIVOS ESPECÍFICO

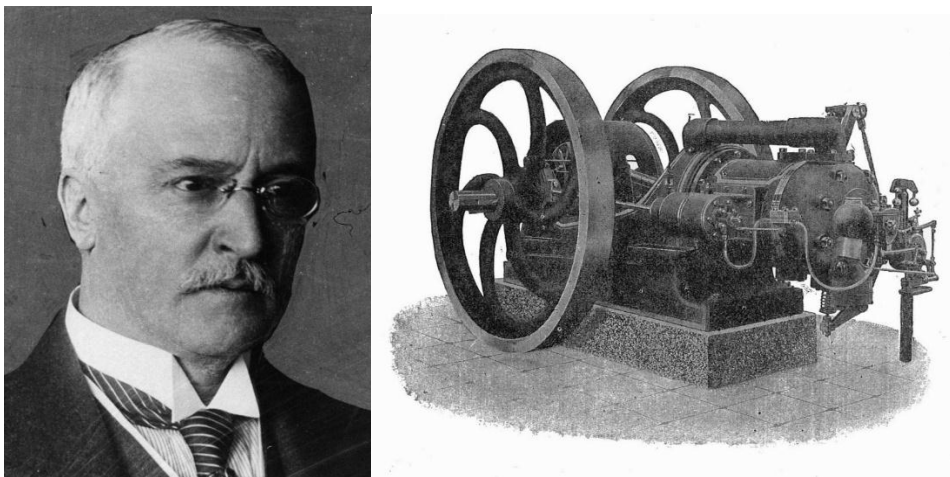
- Realizar el estudio del estado del arte para determinar los factores que inciden la degradación del lubricante en motores diésel.
- Realizar el muestreo del lubricante motor diésel, mediante el seguimiento de un protocolo a determinados kilómetros de recorridos para un análisis de las propiedades de viscosidad y TBN mediante ensayos en un laboratorio.
- Evaluar los resultados obtenidos en el laboratorio, haciendo una comparativa de los límites dados por el fabricante, determinando los factores de la degradación y la pérdida de sus propiedades de viscosidad y TBN permitiendo descubrir con mayor certeza la vida útil del lubricante.

# 1.CAPITULO PRIMERO: ESTADO DEL ARTE:

Estudio del estado del arte mediante información bibliográfica del sistema de lubricación de un Motor Diésel y su funcionamiento.

## 1.1. MOTOR DIESEL

El motor Diésel es un motor térmico de combustión interna alternativo. Ideado por Rudolf Diesel quien se le observa en la figura 1.1, de quien tomo el nombre genérico, En donde la combustión se logra por la temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel.



*Figura 1.1 Rudolf Diesel y primer motor Diesel*

*Fuente:(López, 2019)*

El 28 de febrero de 1892, Rudolf Diesel obtuvo la primera patente del motor que le hizo famoso. De hecho, este se diferencia de los de gasolina en un pequeño detalle: no precisa chispa para iniciar la combustión.(López, 2019)

Rudolf Diesel encontró la forma de mezclar de aire con combustible y que este pudiera explotar simplemente al comprimirlo lo suficiente sin la necesidad de chispa. Este proceso se realiza gracias a que el combustible es inyectado desde la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión.

Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que

hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación en el cigüeñal. En la figura 1.2 podemos observar a un motor Diesel que se utiliza en la actualidad siendo mucho más pequeños y más veloces gracias a las nuevas tecnologías implementadas. (Nordhaus, 2009)

Estos motores tienen la ventaja de:

- Alcanzar potencias muy superiores en comparación de un vehículo a gasolina.
- Consumir una menor cantidad de combustible.
- Costo del combustible económico.



*Figura 1.2 Motor Diesel.*

*Fuente: (MANNA, 2018)*

### **1.1.1. COMPONENTES BÁSICOS**

#### ***1.1.1.1. BLOQUE.***

Es una estructura esencial para el fundamental del motor, en su interior se acoplan los elementos presentes en la tabla 1.1. Dependiendo el tipo de motor va el número de cámaras de combustión. En las cámaras de combustión se produce los ciclos de funcionamiento.

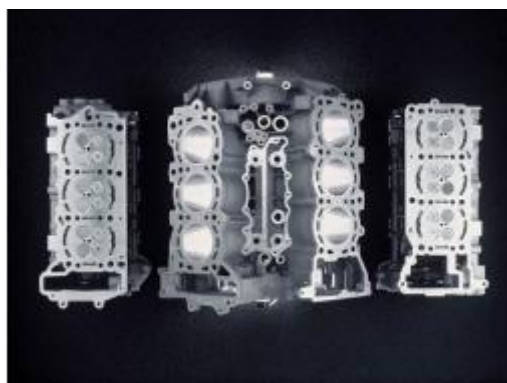
Los bloques de motores Diesel son fabricados de fundición de hierro o aluminio como podemos ver en la Figura 1.3. La variedad de tipos de bloques va de acorde a utilidad del vehiculé entre estos están los cilindros en línea y en V más utilizados comúnmente para motores Mercedes Benz.

Su diseño tiene que tener una variedad de acoples, conductos y cámaras donde se insertan: (Nordhaus, 2009)

*Tabla 1.1 Elementos localizados en el bloque*

*Autor: (Nordhaus, 2009)*

BLOQUE
<b>Cilindros</b>
<b>Varillas de empuje del mecanismo de válvulas</b>
<b>Ejes de levas</b>
<b>Apoyos de los cojinetes de bancadas</b>
<b>Conjuntos de refrigeración</b>



*Figura 1.3 Bloque motor en “V” y culatas*

*Fuente:(Nordhaus, 2009)*

#### ***1.1.1.2. CIGÜEÑAL.***

El cigüeñal es el encargado de cambiar el movimiento alternativo en movimiento rotativo para lo cual en su fabricación tiene que estar perfectamente balanceado y su material de construcción tiene que ser de una sola pieza de acero. El cigüeñal va montado o alojado en los cojinetes principales del bloque los cuales están tienen que estar lubricados. El cigüeñal se asemeja a una serie de pequeñas manivelas, conectadas una por cada pistón. Como podemos ver en la figura 1.4 es un cigüeñal para 6 cilindros. “El radio del cigüeñal determina la distancia que la biela y el pistón puede moverse. Dos veces este radio es la carrera del pistón”.(Nordhaus, 2009)





*Figura 1.4 Cigüeñal*

*Fuente: (Nordhaus, 2009)*

### **1.1.1.3. CULATA.**

La culata al igual que el bloque son diseñados según el tipo de vehículo su fabricación es de fundición de hierro o aluminio cuales. Tiene como objetivo principal el cierre de los cilindros por la parte superior. Además, en la tabla 1.2 tenemos los elementos que común mente van acoplados a la culata. En la figura 1.5 podemos observar las cavidades de los elementos.

*Tabla 1.2 Elementos que van acoplados a la culata*

*Autor: (Nordhaus, 2009)*

CULATA
<b>Válvulas</b>
<b>Balancines</b>
<b>Inyectores</b>
<b>Árbol de Levas, etc.</b>

Funciones que realiza:

- ❖ Permite el ingreso de aire por las válvulas de admisión.
- ❖ Permite la salida de los gases por la válvula de escape.
- ❖ Conduce los pernos de apriete entre la culata y el bloque.
- ❖ Ingreso de combustible por los inyectores.
- ❖ Permite el ingreso de agua entre el bloque y la culata para refrigerar(Nordhaus, 2009).



*Figura 1.5 Culata.*

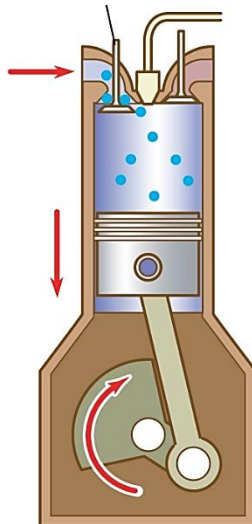
*Fuente: (Nordhaus, 2009)*

### **1.1.2. CICLOS DE FUNCIONAMIENTO**

El funcionamiento es muy semejante a los motores a gasolina. El ciclo de funcionamiento en los motores diésel tiene cuatro carreras del pistón, comenzando con: Admisión, Compresión, Potencia y Explosión estas se describen a continuación.

#### **1.-Admisión**

Cuando empieza el ciclo diésel la primera fase que tenemos es la admisión, recorre el pistón al punto muerto inferior como esta en la figura 1.6 este ahí aspira el aire por una abertura que se encuentra en la válvula de la admisión e ingresando en la cámara de combustión. (Nordhaus, 2009)



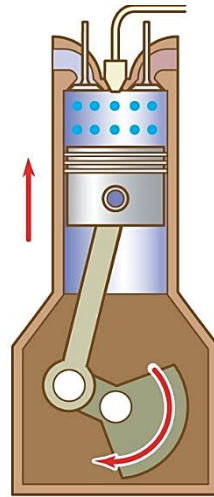
*Figura 1.6 Ciclo Admisión Diésel.*

*Fuente: (Encyclopædia Britannica, 2007)*

#### **2.-Compresión**

La carrera de compresión se da al moverse el pistón hacia el PMS y al realizar el movimiento se comprime el aire haciendo que se reduzca en la cámara de combustión

figura 1.7. Tanto la temperatura y la presión asciende en el cilindro. La temperatura se eleva de 600°C a 900°C y la presión 30 a 55 bar. Es por eso que antes de alcanzar el pistón el punto más alto el combustible ya se inyecta. (Nordhaus, 2009)

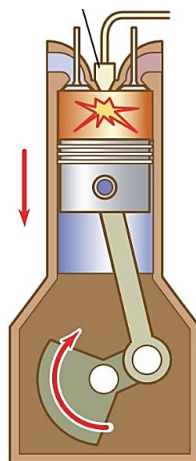


*Figura 1.7 Ciclo Compresión Diésel.*

*Fuente:* (Encyclopædia Britannica, 2007)

### **3.-Potencia**

En esta etapa las válvulas se cierran con el objetivo de que la potencia generada empuje al pistón y a la biela al PMI, generando el movimiento del cigüeñal. En la figura 1.8 podemos observar el desplazamiento del pistón y la biela. Todo este proceso genera una energía térmica y como resultado tenemos que se transforma en energía mecánica. Una que el pistón está cerca del PMI la válvula de escape se abre para comenzar a expulsar los gases. (Nordhaus, 2009)

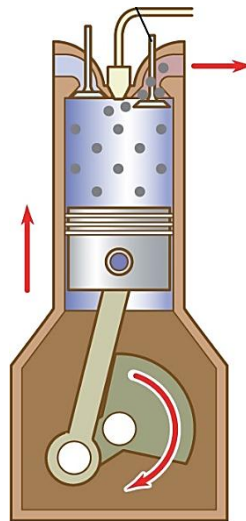


*Figura 1.8 Ciclo Potencia Diésel.*

*Fuente:* (Encyclopædia Britannica, 2007)

#### 4.-Escape

Terminado el proceso de expansión los gases generados dentro del cilindro necesitan ser liberados. Esta fase se da gracias a la fuerza de inercia generada por el volante motor que mueve al cigüeñal empujando el pistón al PMS, evacuando los gases por las válvulas de escape. Completando las cuatro carreras del pistón las cuales están representadas en la figura 1.9, las fases son cíclicas se repiten constantemente cuando el motor está funcionando.(Nordhaus, 2009)



*Figura 1.9 Ciclo Escape Diésel.*

*Fuente:* (Encyclopædia Britannica, 2007)

#### 1.2. SISTEMAS DE LUBRICANTES EN MOTORES DIESEL

El lubricante y el sistema de lubricación desempeñan las siguientes funciones principales para proteger la integridad del motor:(Tormos Martínez, 2005)

- Reducir las pérdidas de fricción y asegurar el máximo rendimiento mecánico del motor.
- Proteger el motor contra el desgaste.
- Contribuir a la refrigeración de los pistones, los cojinetes, los cilindros y demás partes por las cuales se disipa el trabajo de fricción.
- Remover las impurezas de las zonas lubricadas.
- Mantener las fugas de gas y de aceite a un nivel mínimo aceptable, especialmente en la región de los anillos.

### 1.2.1. CIRCUITO DE LUBRICACIÓN

Un circuito de lubricación tiene como finalidad suministrar una fina capa de lubricante entre dos piezas sometidas a rozamiento, reduciendo la temperatura provocada por la fricción, las formas de suministrar esta capa de lubricante a cada punto de rozamiento se distinguen entre: (Tormos Martínez, 2005)

- Barboteo. - Se aprovecha el movimiento de los componentes para generar una nubosidad del lubricante, producto del salpicado, esta fina capa del lubricante se introduce entre las piezas que están en contacto, la desventaja de este sistema está en la rápida degradación por oxidación del lubricante y el limitado acceso a todas las superficies en contacto.
- Lubricación a presión. - Un circuito asegura el suministro exacto de lubricante, este se compone de una bomba impulsora que toma el aceite del cárter y lo lleva por una etapa de filtrado y por diversos conductos, a cada uno de los componentes del sistema de lubricación del motor, garantizando un suministro constante.
- La lubricación mixta. - Aprovecha las bondades de los tipos anteriores.

La forma en la cual se garantiza la lubricación del mecanismo biela manivela de un motor de combustión y en especial el cigüeñal y sus cojinetes de biela y bancada se identifican un sistema mediante canales abiertos en el cigüeñal del tipo sucesivo a una tubería maestra principal conocida como el tipo paralelo.

Por el tipo de cárter si es utilizado como un medio de disipación de calor producto de absorber la temperatura de las piezas en movimiento se lo conoce como del tipo húmedo y si es empleado como recolector de aceite que escurre y pasa a un tanque de almacenamiento es de tipo cárter seco.

### 1.2.2. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Los parámetros de los sistemas de lubricación son(Tormos Martínez, 2005):

La multiplicidad de circulación: Se expresa con la letra K, este proceso se diferencia por lo que suministra la bomba de aceite  $Q_b$ , como también la capacidad que tiene el sistema de lubricación (el volumen del cárter se representa con la letra: V), determinado la frecuencia de aceite que ingresa en la zona de oxidación.

$$K = \frac{Q_b}{V} \quad \text{Ec. (1)}$$

La capacidad específica: El valor de multiplicidad de circulación se clasifica en dos sistemas de multiplicidad: la primera una pequeña ( $K < 60 \text{ h}^{-1}$ ) y una segunda una grande ( $K \geq 60 \text{ h}^{-1}$ ). La representación de la capacidad específica del sistema de lubricación se la denomina con la letra **q**, esto tiene como resultado la relación entre la potencia efectiva del motor con la capacidad del sistema de lubricación. (Tormos Martínez, 2005)

$$q = \frac{V}{N_e} \quad \text{Ec. (2)}$$

Para el abastecimiento específico de la bomba de aceite: Hay que realizar una relación con la potencia nominal del motor y la alimentación de la sección principal.

$$\alpha_B = \frac{Q_b}{N_e} \quad \text{Ec. (3)}$$

### 1.2.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DIÉSEL

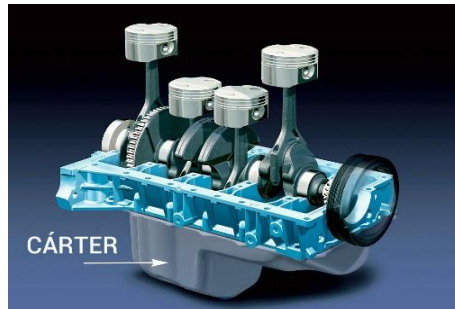
Cada sistema de lubricación Diésel suele contar con los siguientes elementos presentes en la tabla 1.3. (Tormos Martínez, 2005):

*Tabla 1.3 Sistema de lubricación.*

*Fuente: Autor*

SISTEMAS DE LUBRICACIÓN
<b>Carter o tanque de almacenamiento</b>
<b>Bombas de aceite</b>
<b>Depuradoras y filtros de aceite</b>
<b>Tuberías</b>
<b>Intercambiadores</b>
<b>Elementos de control</b>

### ➤ **Cárter**



*Figura 1.10 Carter.*

*Fuente: (FierrosClasicos, 2015)*

El cárter o depósito de almacenamiento es el encargado de almacenar el aceite, consta con un volumen adecuado. Dependiendo del tipo de motor va el nivel de aceite en la figura 1.10 tenemos un motor de cuatro cilindros que lleva 4 litros de aceite. El nivel de aceite es un parámetro de suma importancia en el motor ya que un nivel bajo provocaría un sobrecalentamiento o desgaste prematuro del lubricante y de los componentes lubricados. Mientras que un nivel excesivo de lubricante provocaría que este en contacto directo con los sellos de los extremos del cigüeñal o que las bielas estén sumergidas teniendo condiciones de extrema velocidad y carga provocando un aumento de temperatura en el cárter, por ende, deteriorando al motor. El cárter también tiene que albergar las suciedades que limpia el aceite y evitar que este ingrese de nuevo al motor. (Tormos Martínez, 2005)

### ➤ **Bomba de aceite**

Este sistema tiene como funciones principales distribuir y circular todo el aceite a cada uno de los elementos del motor, este elemento se encuentra en el interior del Carter. Existen diferentes tipos de bombas de aceite estos varían según su diseño e importancia en la tabla 1.4 podemos ver algunos tipos.

Tabla 1.4 Tipos de bombas.

Fuente: Autor

LOS TIPOS DE BOMBAS SON:
Bomba de engrane exterior
Bomba de lóbulos
Bomba de paletas
Bomba de pistones

En la figura 1.11 tenemos dos tipos de bombas la de lóbulos y engranajes

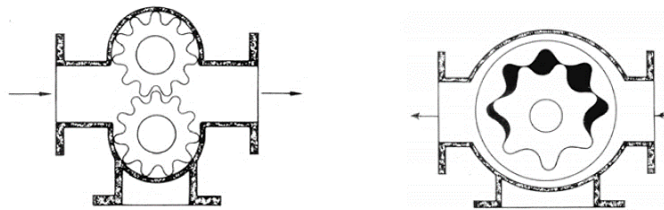


Figura 1.11 Esquema de una bomba de engranaje y bomba de lóbulos

Fuente: (Tormos Martínez, 2005)

Este sistema necesita un caudal apropiado el cual es determinado por la dosis de aceite suministrada:

- Se aplica a los cojinetes del cigüeñal, significando el 50 – 70% de todo el aceite.
- Se aplica por el filtro de depuración del cárter y la válvula de reducción de la bomba.
- También suministra a varios elementos del motor entre estos están: los mecanismos de accionamiento de las válvulas, las unidades auxiliares (compresor, a los engranajes, al turbocompresor), el árbol de levas, etc.
- El uso para refrigerar la cara del pistón por sus elevadas temperaturas y también lubricar los cilindros del motor.

Los inyectores de aceite lubrican las paredes de los pistones debido a su elevada temperatura. Para poder saber la cantidad de aceite requería para este proceso se toma en cuenta el grado de sobrealimentación y la constancia de rotación. En el caso de refrigeración la cantidad de aceite utilizada es el 30 – 50% de todo el lubricante que ingresa a los mecanismos. (Tormos Martínez, 2005)



### ➤ Tuberías



*Figura 1.12 Tubería*

*Fuente: (ALVAREZ, 2015)*

Distribuyen el aceite a los diferentes elementos mecánicos que se encuentre en fricción en la figura 1.12 tenemos la tubería del corte.

### ➤ Intercambiadores



*Figura 1.13 Intercambiadores*

*Fuente: (RINTUSAC, 2014)*

Los intercambiadores enfrían el aceite caliente que sale del sistema de lubricación este proceso se realiza constantemente debido a las elevadas temperaturas en los motores Diesel controlando un nuevo ingreso de aceite frío en el circuito de lubricación siendo no son muy diferentes que los radiadores. Existen diversos tipos depende mucho del tipo del motor al cual se vaya a implementar, por lo general los motores Diesel con turbo tiene intercambiadores los cuales refrigeran por flujos agua o aire.



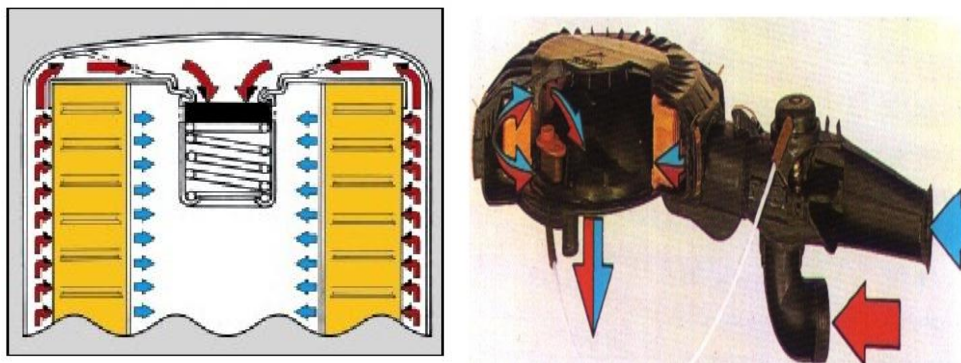
### ➤ Los elementos de control

La presión y temperatura son controlados por dispositivos del circuito de lubricación estos miden su nivel y también existen elementos de control que miden el nivel de aceite presente en el cárter. En el caso del tracto camión Actros Mercedes Benz tiene en el tablero un dispositivo que le permite observar el nivel de aceite presente en el cárter.

El sistema de lubricación hay elementos que cumple un papel importante al momento de realizar una lubricación eficaz estos elementos son: el filtrado y depuración del aceite.

Debido sobre todo que en el momento de realizar análisis de aceites su funcionamiento tiene que ser eficaz para poder diagnosticar un mal funcionamiento. (Tormos Martínez, 2005).

#### 1.2.4. FILTRADO



*Figura 1.14 Filtración*

*Fuente: (Garate, 2008)*

En la figura 1.14 podemos observar el proceso que recorre el aceite y el aire en un filtro para su filtrado. La filtración tiene como misión eliminar la mayor cantidad de impurezas ya sea del aire que ingresa a la cámara de combustión, como del aceite que ayuda a eliminar la fricción entre los mecanismos y también del combustible dado que un combustible con suciedad no dará un buen rendimiento al motor, todos estos elementos tienen que ser filtrados. En la tabla 1.5 se destacan las funciones principales de los filtros.

### Objetivos del filtrado:

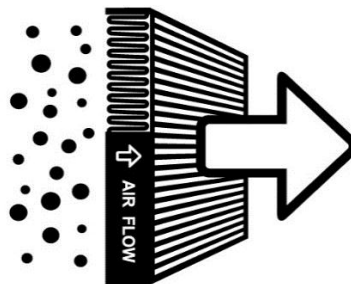
- Retener todas las partículas abrasivas existentes en el aceite que intentan ingresar al motor.
- Los filtros evitan la recirculación de los residuos de combustión eliminándolos y evitando la degradación de los mismos. Si no se eliminan estos residuos en suspensión pueden ocasionar la creación de depósitos en los sistemas de engrase y muy posible en otros lugares del motor. (Tormos Martínez, 2005)

*Tabla 1.5 Función de filtros.*

*Fuente: (Tormos Martínez, 2005)*

Función de un filtro	
<b>Separar y retener las partículas de diferentes tamaños presentes en el: aire, aceite lubricante y combustible, que puedan degradar la vida del motor.</b>	El buen funcionamiento del filtro permitirá una retención 95% de las partículas. Existen varios tipos de filtros para fluidos, distinguiéndose en su función, construcción y mantenimiento.

#### ➤ La filtración del aire



*Figura 1.15 Filtración del aire*

*Fuente: (Bosch, 2017b)*

Los lugares de trabajo de los automotores son impredecibles. De igual manera sus condiciones de trabajo para lo cual los vehículos tienen que estar preparados para todo tipo de estas condiciones. Los sistemas implementados en los vehículos ayudan a reducir el impacto de estas impurezas. En la figura 1.15 se representa un filtro de aire que es el encargado de absorber todas las partículas de polvo que están suspendidas en el aire, la presencia de estas partículas varía según el ambiente al cual está expuesto el vehículo

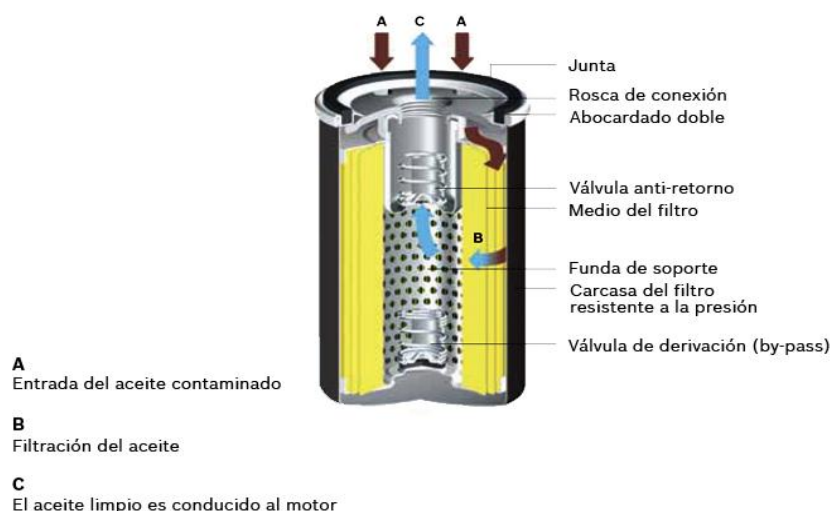
variando cantidad y composición del polvo. En el aire vamos a tener la presencia de elementos que impidan tener una buena combustión de lo que algunos autores lo llaman el enemigo número 1 como es el polvo. En la tabla 1.6 tenemos los diferentes lugares donde se encuentran el polvo. (Tormos Martínez, 2005)

*Tabla 1.6 Lugares con presencia de polvo.*

*Fuente: Autor*

<b>EL POLVO ESTA PRESENTE EN DIFERENTES ESPACIOS COMO:</b>
<b>La naturaleza del suelo</b>
<b>El clima</b>
<b>Tipo de vehículos en movimiento</b>
<b>El estado de la vía (asfaltado o con capa de grava)</b>
<b>Condiciones atmosféricas (húmedo o seco)</b>

### ➤ Filtros de aceite



*Figura 1.16 Filtro de Aceite*

*Fuente: (Bosch, 2017a)*

La fricción producida por los elementos del motor genera desgaste, debido a que estos elementos están en constante movimiento, el encargado de cuidar estos elementos es el aceite lubrica cada una de sus partes. El aceite tiene que ser filtrado eliminando cada partícula (polvo, partículas abrasivas, etc.) la retención de estas partículas dependerá de la capacidad del filtro. En la figura 1.16 se puede observar con claridad la estructuración de un filtro de aceite (Tormos Martínez, 2005)

La disminución del deterioro en la acción de los filtros de aceite va a la retención de partículas abrasivas y compuestos carbonoso, reteniendo compuestos orgánicos ácidos.

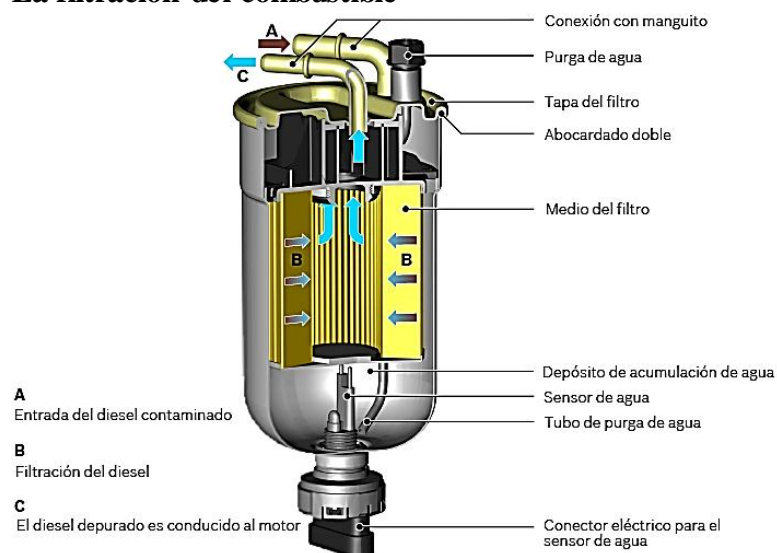
Tipos de contaminantes externos que se encuentran suspendidos en el ambiente capaces de contaminar el interior.

- La partícula de contaminación más común es el polvo atmosférico que contiene impurezas externas, estas ingresan por: propia absorción de oxígeno para la combustión, por el conducto donde va la varilla de medición de aceite, por elementos mal acoplados o mal ajustados y por el mismo lubricante al tener una manipulación incorrecta.
- Presencia de agua, este elemento puede ingresar por la condensación producto de la respiración del cárter. Si su presencia es alta en el lubricante puede ser por la rotura de un empaque o fisuras en el block ingresando por el sistema de refrigeración.
- Elementos abrasivos: son procedentes del desgaste de superficies que están en fricción como rines y cilindros. Residuos producto de una reparación del motor como limallas.

Por el uso el lubricante con el tiempo tiene a sufrir alteración y degradación.  
(Tormos Martínez, 2005)

- El aceite puede contaminarse por partículas de la combustión.
- Otro efecto se conoce como dilución del aceite que se produce por el combustible.
- El desgaste del motor genera partículas de Cobre, Hierro, Cromo, etc.

#### ➤ La filtración del combustible



*Figura 1.17 Filtro de combustible*

*Fuente: (Bosch, 2017c)*

Para brindar un correcto desempeño de los motores Diesel es esencial la filtración del combustible, de esta manera garantizamos óptimos desempeños de las bombas de inyección y de los inyectores evitando obstrucciones al momento de la pulverización. Como se observa en la figura 1.17 el combustible es filtrado de varias formas, al recorrer por la sección B esta absorbe el agua e impurezas existentes, conduciendo al agua a un punto de purga para luego ser liberado al exterior. Las impurezas presentes en los combustibles comprenden:

1. Herrumbre.
2. Sustancias minerales.
3. Productos diversos de oxidación y agua.

#### ➤ **Depuradoras**

Otro sistema que nos ayuda a eliminar partículas de impurezas presentes en los lubricantes, son los depuradores estos actúan después de que el lubricante haya circulado en el motor eliminando: agua condensada, partículas carbonilla producto de la combustión esta ingresa como gas por los rines del pistón.

### **1.3. LUBRICANTE**

Con la lubricación se logran, además de la reducción del rozamiento o la fricción, disminuir los desgastes de las piezas, evitar la corrosión, evacua el calor producido por el rozamiento, aumentar la estanqueidad entre los órganos con movimiento, eliminar las partículas que aparecen debido al propio funcionamiento, limpiar las paredes de los cilindros de partículas de carbón adheridas a ellos procedentes de la combustión, amortiguar los golpes y reducir los ruidos. (Nordhaus, 2009)

#### **1.3.1. TIPOS DE PROCESOS DE REFINACIÓN**

Para entender el proceso de refinación del petróleo crudo se debe tener en consideración sus categorías entre las cuales se puede evidenciar:

- Del tipo parafinado: En este caso el número de átomos de hidrogeno es mayor por dos unidades al número de átomos de carbono, siendo el doble.
- Del tipo asfáltica: La presencia de átomos de hidrogeno es doble que de carbono.
- De base mixta: Contiene hidrocarburos de ambos tipos. (Nordhaus, 2009)

## A. Destilación

Durante el proceso de destilación del petróleo crudo se aprovechará el hecho de aumentar la presión en el interior de un depósito con la finalidad de vaporizar y condensar el fluido posterior se efectuará una destilación a presión atmosférica al vacío en la figura 1.18 tienes una planta de destilación. (Nordhaus, 2009)



*Figura 1.18 Destilación primaria*

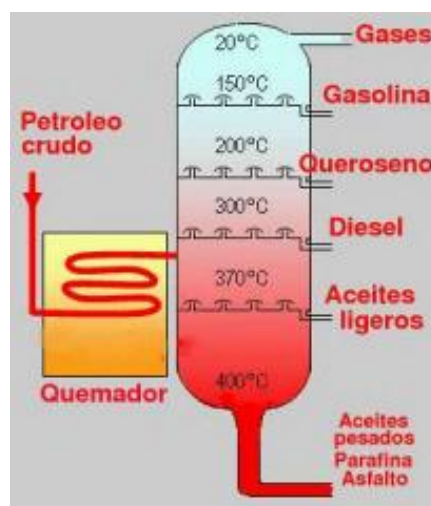
*Fuente: (Nordhaus, 2009)*

## B. Destilación al vacío

Posterior se coloca el crudo reducido por el proceso de destilación atmosférica, en una torre de fraccionamiento, en la cual se somete a vacío (presión atmosférica). (Nordhaus, 2009)

## C. Refinación De Aceites

El petróleo crudo es una mezcla de diversas sustancias, las cuales tienen diferentes puntos de ebullición. En la refinería se obtendrán sub productos empleados como combustibles, adicionalmente y como parte natural del proceso, se obtienen aceites minerales y asfaltos en proceso se describe en la figura 1.19. (Nordhaus, 2009)



*Figura 1.19 Refinación De Aceites*

*Fuente: (Nordhaus, 2009)*

### 1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Los lubricantes se diferencian según su clasificación, la cual ha ido variando con el paso del tiempo teniendo distintos tipos de lubricantes para cada necesidad. Los fabricantes de automóviles vieron la necesidad de crear varios tipos de lubricantes según el motor, los primeros tipos se distinguían por el grado de viscosidad que tenía el lubricante siendo la primera propiedad a ser clasificación por la SAE. En la tabla 1.7 podremos apreciar cómo se realizó la clasificación.

Para generalizar los lubricantes se clasificaron mediante dos criterios:

*Tabla 1.7 Diferenciación de aceites*

*Fuente: Autor.*

Criterios de clasificación	
<b>Pro la calidad del balance de sus aditivos</b>	Según su viscosidad

#### A. Clasificación de aceites según la calidad

La institución American Petroleum Institute o API ha elaborado varios tipos de nomenclatura según el tipo de motores a los que se le aplica el aceite, de esta manera poder establecer sistemas de categorización según su calidad.

A los vehículos que tengan un motor que use como combustible gasolina se les denominan con la letra "S" de Spark (bujía en inglés), haciendo referencia a su ciclo de funcionamiento que es por ignición de chispa provocando la combustión de la mezcla.

La letra que le sigue a la anterior va desde la "A" hasta la "N" en orden alfabético simbolizando la evolución del lubricante, cabe mencionar que el primer lubricante tiene la letra A siendo fabricado antes de 1930, según como ha ido pasando el tiempo la calidad del lubricante ha ido aumentando teniendo hoy en día un mejor desempeño y sus grados de clasificación se han mejorado sucesivamente, en la actualidad son más exigentes los requerimientos a los lubricantes para obtener una mejor calidad. En la siguiente tabla 1.8, observamos la evolución del lubricante según la clasificación API para motores a gasolina. (Nordhaus, 2009)



Tabla 1.8 Evolución de la clasificación API

Fuente: (Nordhaus, 2009) (API, 2017)

Nivel de Calidad	Periodo de Validez	Estado	Aplicación
SA	Antes de 1950	Obsoleto	No contiene aditivos, puede dañar los motores modernos como los fabricados después de 1930
SB	1950-1960	Obsoleto	No es adecuada para la mayoría de los motores de automóvil de gasolina, puede dañar los motores modernos como los fabricados después de 1951
SC	1960-1964	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1967
SD	1965-1970	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1971
SE	1971-1980	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1979
SF	1981-1987	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1988. Debido a que no protege adecuadamente frente a la acumulación de lodos en el motor.
SG	1988-1992	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1993. Debido a que no protege adecuadamente frente a la acumulación de lodos en el motor, desgastes y oxidaciones.
SH	1993-1996	Obsoleto	Solo recomendable para automotores del año 1993 y anteriores
SJ	1997-2000	Vigente	Para motores de automóviles del año 2001 y anteriores
SL	2001	Vigente	Para motores de automóviles del año 2004 y anteriores
SM	2010	Vigente	Para motores de automóviles del año 2010 y anteriores
SN	2010	Vigente	Se comenzó a utilizar desde octubre del 2010 y fue diseñado para proporcionar una mejor protección de los pistones frente a la formación de depósitos a altas temperaturas, mejor control de lodos.

## B. Clasificación de aceites para motores Diesel.

Para los motores Diesel el lubricante el cual iban a usar se representó con la letra "C" por palabra Compression. Debido a que el proceso de ignición es por compresión ya que son motores que necesitan trabajar a altas presiones y por ende altas temperaturas. La segunda letra comienza en orden alfabético con el objetivo de representar la evolución del lubricante y a su vez un mejor nivel de calidad. En la tabla 1.9 observamos la clasificación de aceites para motores Diesel y su evolución: (Nordhaus, 2009)

*Tabla 1.9 Evolución de aceites para motores Diesel*

*Fuente: (Nordhaus, 2009)(Americano & Petróleo, 2002)*

Nivel de Calidad	Periodo de Validez	Aplicación
CA	Antes de 1950 <b>Obsoleto</b>	No adecuados para uso en motores diésel fabricados después del año 1959
CB	1950-1952 <b>Obsoleto</b>	No adecuados para uso en motores diésel fabricados después del año 1961
CC	1952-1954 <b>Obsoleto</b>	No adecuados para uso en motores diésel fabricados después del año 1990
CD/CD-II	1955-1987 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a determinados motores de aspiración natural y turbocargador
CE	1987-1992 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbocargador. Pueden utilizarse en lugar de los aceites CC y CD.
CF/CF-2	1992-1994 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores todo terreno, de inyección indirecta diésel incluyendo aquellos que utilizan combustible con contenido de azufre superior a 0.5% en peso. Reemplazan CD y CD-II
CF-4	1992-1994 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbocargador. Reemplazan CD y CE.
CG-4	1995 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores de trabajo intenso, de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre menor de 0.5% en peso. Reemplazan CD, CE, y CF-4.
CH-4	1998 ACTUAL	Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos. Los aceites CH-4 están compuestos específicamente para ser utilizados con combustibles diésel con un rango de contenido de azufre hasta 0.5% en peso.
CI-4	2002 ACTUAL	Los aceites CI-4 están formulados para proteger la durabilidad del motor cuando se usa la recirculación de gases quemados (EGR) y están ideados para ser utilizados con combustibles diésel con un rango de contenido de azufre hasta 0.5% en peso.
CJ-4	2006 ACTUAL	Los aceites CJ-4 están compuestos para ser usados en todas las aplicaciones con combustibles diésel con rango de contenido

		de azufre hasta 500 ppm (0.05% en peso). Los aceites CJ-4 son eficaces en la protección de la durabilidad del sistema del control de emisiones, cuando se emplean filtros de partículas y otros sistemas de postratamiento avanzados. Entre otras aplicaciones.
CK-4	2017 ACTUAL	El lubricante CK-4 está fabricado para brindar una óptima protección contra la oxidación del aceite, la disminución de viscosidad debido a la cizalla y la aireación de aceite, así como protección contra la contaminación del catalizador, bloqueo de filtros de partículas, desgaste de motor, etc. Este tipo de lubricante se utiliza solo con combustibles que contengan más de 15 ppm de azufre o puede afectar a la durabilidad del lubricante.

### C. Clasificación de los aceites según su viscosidad

La clasificación de los aceites según su viscosidad se creó por la SAE (Society of Automotive Engineers) y se conoce mundialmente como la norma SAE J300. Esta clasificación define dos grupos de viscosidades: 6 grados de viscosidad a bajas temperatura o grados de invierno que están seguidos por la letra W (Winter por invierno en inglés) y 5 grados de viscosidad de alta temperatura o grados de verano, que se identifican con un solo dígito, en la tabla 1.10 observamos la clasificación del lubricante según su viscosidad: (Nordhaus, 2009)

*Tabla 1.10 Clasificación de los aceites según su viscosidad.*

*Fuente: (Nordhaus, 2009)*

Grado SAE	Viscosidad A bajas temperaturas		Viscosidad a Altas temperaturas		
	(cP) Max a temp °C	(cP) Max a temp °C	Viscosidad Cinemática cST @ 100°C		Visc alta cizalla (cP) a 150 °C min
			Min	Max	
0W	6200 at - 35	60000 at - 40	3.8		
5W	6600 at - 30	60000 at - 35	3.8		
10W	7000 at - 25	60000 at - 30	4.1		
15W	7000 at - 20	60000 at - 25	5.6		
20W	9500 at - 15	60000 at - 20	5.6		
25W	13000 at - 10	60000 at - 15	9.3		
20			5.6 a 9.3	< 9.3	2.6
30			9.3 a 12.5	< 12.5	2.9
40			12.5 a 16.3	< 16.3	2.9(grados 0w-40 5w-40 10w-40)
50			16.3 a 21.9	<16.3	3.7
60			21.9 a 26.1	<21.9	3.7

Las clasificaciones de lubricantes mencionadas anteriormente son reconocidas a nivel global y aceptadas. Pero existen casos particulares de asociaciones u organismos que necesitan otro tipo de clasificación con exigencias adicionales, estas se complementarán a las clasificaciones anteriores. En el caso de especificaciones propias estas son exigidas por el ejército americano y las podemos observar en la tabla 1.11

Tabla 1.11 Requerimientos adiciones de la clasificación.

Fuente: (Nordhaus, 2009)

Propiedades	Método	10w	30	40	15w-40
<b>Viscosidad Cinemática (cST) at 100°C</b>					
<b>min</b>	<b>ASTMD-</b>	5.6<	9.3 <	12.5 <	12.5 <
<b>max</b>	<b>445</b>	7.4	12.3	16.3	16.3
<b>Viscosidad Aparente (cP)</b>					
<b>min</b>	<b>ASTMD-</b>	3500AT -25			3500AT -20
<b>max</b>	<b>5293</b>	3500AT-20			3500AT-15
<b>Viscosidad HTHS cP min</b>	<b>ASTMD-4683</b>	2.9			3.7
<b>Bomba a 6000 cP max a temp</b>	<b>ASTMD-4684</b>	-30			-25
<b>Índice de Viscosidad min</b>	<b>ASTMD-2270</b>		80	80	
<b>Punto de inflamación (°C)</b>	<b>ASTMD-97</b>	205	220	225	215
<b>Perdida por evaporación (%) max</b>	<b>ASTMD-5480</b>	18			15

### 1.3.3. PELÍCULA LUBRICANTE

La fina capa de lubricante que separa las rugosidades de dos superficies tiene como finalidad evitar el contacto entre las mismas, esta fina capa puede ser solida al momento que inicia el movimiento o en el caso de existir lubricación elasto hidrodinámica, esta capa de lubricante será formada por la unión de capas laminares de lubricante.

La capa de lubricante en relación al espesor lo determina la viscosidad del lubricante, así como la velocidad de operación del sistema, ya sea una lubricación fluida o EHL; una lámina parte de la fina capa de lubricante se adhiere a una de las superficies puede o no ser una de las que está en movimiento, las láminas de lubricante adicional se deslizan entre sí como parte de la cizalladura que se presentan entre ellas. El índice de viscosidad del aceite es el que determina la estabilidad de la película del lubricante, el cual al ser alto reduce las probabilidades de que el flujo cambie de laminar a turbulento, evitando que esta lamina de lubricante y desprenda de la superficie. (Nordhaus, 2009)

#### 1.4. TIPOS DE LUBRICACION

Los tipos de lubricación bajo el cual va a trabajar un mecanismo dependerá mucho de la forma de película lubricante que este entre las dos superficies metálicas. A continuación, se describe la curva de Stribeck apreciando en la Figura 1.20. (Roberto García, 2011)

La variación del coeficiente de fricción fue descrita en el año 1902 por Stribeck utilizando el parámetro de Hersey.

$$H = \frac{n * v}{FN} \quad \text{Ec. (4)}$$

**Donde:**

- [V] Es la velocidad de deslizamiento
- [ $\eta$ ] La viscosidad dinámica
- [Fn] Fuerza normal aplicada

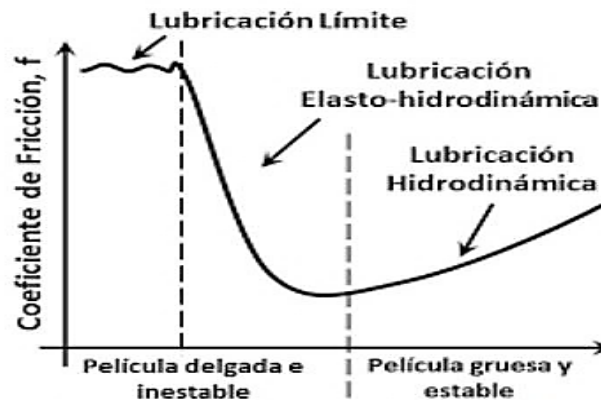


Figura 1.20 Parámetros de Lubricación  $n \cdot v / f_n$

Fuente: (Roberto García, 2011)

Partiendo del punto más bajo de la curva:

1. Si el parámetro [H] (**Parámetro de Hersey**) aumenta, el coeficiente de fricción [f] aumenta muy poco en relación, esto significa que entre los elementos en contacto se dispone una película gruesa y estable de lubricante que evita el contacto directo. (Zona de lubricación Hidrodinámica)
2. En el caso de que la variable [H] disminuya, la variable [f] aumenta exponencialmente hasta alcanzar un valor fijo. La capa de lubricación se hace

delgada entre la lubricación límite y la lubricación hidrodinámica variando el valor de  $[f]$ . (zona mixta)

3. Si la variable  $[H]$  sigue bajando, la película de lubricante generada no permitirá el contacto directo entre superficies metálicas. (Zona límite).

Los parámetros más comunes son sólidos o límite, fluida, Elastohidrodinámica e hidrostática. Cuando el mecanismo lubricado alcanza la velocidad nominal de operación, solo puede quedar trabajando bajo condiciones de lubricación fluida o Elastohidrodinámica (EHL), lo que hace que sea muy importante por parte de los responsables del correcto funcionamiento de los equipos rotativos, conocer la diferencia entre lubricación fluida y EHL, ya que son muchos los daños que se presentan en la práctica por no tener claros estos conceptos. (Nordhaus, 2009)

#### **1.4.1.LUBRICACIÓN SÓLIDA O LÍMITE**

Ocurre cuando dos cuerpos sólidos no están en adecuadamente separados por el lubricante, este efecto produce fricción y por ende desgaste de los componentes

Los elementos sólidos tienen sus propias propiedades más comunes: rugosidad, dureza, elasticidad, grado de oxidación, etc. Las propiedades del poco lubricante que queda entre ellas son de menor importancia y el coeficiente de fricción llega a ser independiente de la viscosidad. Los elementos como engranajes, cadenas, rodamientos lisos, chumaceras, etc., están sometidos a condiciones críticas debido a que se encuentran sometidos a un movimiento en la misma puesta en marcha o cuando la velocidad de rotación de los mecanismos tiende a ser cero.

Cabe destacar la importancia de los aditivos anti desgaste, así como la reacción existente entre el espesor del lubricante sólido y el coeficiente de fricción, determinando la eficiencia del lubricante. (Nordhaus, 2009)

#### **1.4.2.LUBRICACIÓN FLUIDA**

Al producirse un incremento de velocidad las superficies se van separando lentamente, debido al bombeo de aceite que se genera por el movimiento de las superficies.

Las superficies llegan a alcanzar su velocidad de régimen siendo suficientemente alta, las rugosidades de las dos superficies quedarán completamente aisladas. Considerando que las superficies quedan cubiertas en su totalidad por una leve caída del

aceite y las demás se deslizan entre sí presentándose entre ellas fricción fluida. Cabe destacar que en este tipo de lubricación es más importante la velocidad de las superficies que la viscosidad del aceite.

En este tipo de lubricación existe una condición intermedia denominada como **lubricación mixta**; las propiedades que actúan en esta condición son la acción hidrodinámica y la otra, por la película sólida. (Nordhaus, 2009)

NOTA: Un sistema puede estar trabajando bajo condiciones de lubricación mixta debido a una mala selección de la viscosidad del aceite al igual que una disminución de ésta en operación. (Nordhaus, 2009)

#### **1.4.3.LUBRICACIÓN ELASTOHIDRODINÁMICA O EHL**

Este tipo de lubricación es de mayor exigencia en el cual se aplica toda la ciencia que conforma la tribología. Tiene que ser diseñada para mecanismos en los que se cuenta con una alta transferencia de carga y su velocidad de rotación es baja se necesita garantizar una adecuada lubricación. Los factores que conforman esta ciencia son la fricción, la lubricación, el desgaste, el funcionamiento del equipo, el diseño y las condiciones de operación

Este estado ocurre como consecuencia de las deformaciones elásticas locales de los materiales y la alta transferencia de carga. La viscosidad tiende a aumentar rápidamente contribuyendo a una formación de una película fluida efectiva. En algo casos viscosidad tiene que ser alta, con aditivos que tengan la capacidad suficiente de formar una película solida o límite de una resistencia al desgaste.

La característica más importante es la de soportar una alta carga de compresión y esfuerzos cortantes, sin que se rompa la película límite.

#### **1.5. TRIBOLOGÍA**

Se le denomina tribología a la ciencia y tecnología que investiga el comportamiento de los elementos que estén en movimiento relativo, a las superficies que estén contacto mutuo y también los efectos que tengan relación con el contacto de superficies. Esta ciencia apareció hace muy poco tiempo, creando gran interés por los investigadores los cuales han realizado diversos estudios en las tecnologías usadas. Esta ciencia se divide en varios subtemas como son el desgaste de superficies en contacto, la fricción producida en ese contacto, el diseño, mantenimiento de estas superficies y por



último la lubricación del sistema, dado la gran diversidad de temas que comprende se la conoce como una ciencia interdisciplinar.

### **1.5.1.EL CONSUMO DE ACEITE EN MOTORES**

A este proceso también se lo conoce como reposiciones o rellenos realizados sobre el cárter, pasando desapercibidos por su periodo de uso. Es una variable de mucha importancia para el funcionamiento del motor, considerándolo como un síntoma de desgaste que sufre el motor. Se lo considera mucho al momento de realizar el mantenimiento al motor

En este proceso el motor tiene como consecuencias diversos aspectos; principalmente está el aspecto económico, por ser un proceso de mantenimiento casi anual que se realiza a los vehículos domésticos y en el caso de vehículos de trabajo se realiza muchos más cambios en el año. Considerándose así un parámetro de coste directo en el uso del vehículo y también su constante desgaste debido al funcionamiento del motor.

El consumo de aceite genera varios procesos los cuales se detallan a continuación:

#### **1.5.1.1. MECANISMO DE CONSUMO DE ACEITE**

Existen dos motivos principales por los cuales se realiza el consumo del lubricante en el motor.

- Por la existencia de fugas en diversos lugares del motor: la más común es empaques deteriorados o retenes, también por juntas, perno del cárter, conductos que indican el nivel de aceite, etc.
- También puede ser por la combustión el lubricante ingresa por los rines desgastados pasando por el pistón y el cilindro ingresado directamente en la cámara de la combustión y quedándose. Provocando gases de escape de color azul.

El lubricante consumido por la existencia de fugas, se vincula directamente con el fabricante y el diseño del motor. El consumo de aceite tiene mucho que ver con el uso del vehículo ya que un elevado régimen del motor, circular por carreteras deterioradas y también por un excesivo nivel de lubricante provocan consumo.

Focalizándonos que el lubricante ingresa a la cámara de combustión, tenemos dos posibles caminos de ingreso. Estos se detallan a continuación:

### **A. Consumo por el sistema varilla - guía de válvula**

Todos los sistemas mecánicos que estén en constante contacto necesitan tener una capa de lubricante (película lubricante) para que los proteja de rayaduras y gripado. En este caso las válvulas deben protegerse de las varillas y guías. Por el contrario, cuando se presenta rayaduras en las válvulas es muy probable que la película lubricante sea excesiva ingresando a los cilindros o en los orificios de la válvula de escape. Esto puede generar tres problemas mencionados a continuación:

- Aumento de consumo de aceite, puede generar la formación de humo azul visualizándolo en la salida del escape. Esto se da por el ingreso de lubricante a la cámara de combustión y posteriormente a su combustión.
- Otro efecto del ingreso del lubricante es la formación de depósitos de carbono en los conductos de las válvulas, teniendo resultados negativos para el funcionamiento del motor y modificando su comportamiento.
- Por último, se genera hollín dentro de la cámara de combustión esto pasa en motores a gasolina, provocando puntos calientes y un encendido no controlado de la mezcla.

Para los motores estas fugas son de gran peligro ya que pueden consumir hasta un 75% de aceite poniendo en riesgo a las demás superficies que se encuentran en fricción. Las guías de las válvulas consumen un valor medio del 50% del lubricante total.

- **Para las válvulas de admisión.**

En este caso la pérdida de lubricante se da por dos motivos, el movimiento propio de la varilla en su conducto y la depresión de admisión.

- **Para las válvulas de escape.**

Este proceso se da en el cruce de válvulas o traslape solapo cuando estas están abiertas creando una depresión transitoria en torno de las varillas de cada válvula. Esto provoca una absorción del lubricante, además se produce un efecto propio de la varilla que es su movimiento en su conducto e interviniendo también los gases de escape por sus altas temperaturas.

## B. Consumo del lubricante por el conjunto pistón, segmentos y camisa

Tenemos que tener en cuenta que existen tres sistemas mecánicos para el consumo de aceite estas están en la camisa del motor y la zona segmentadora.

- Evaporación del lubricante.
- En los segmentos el lubricante se conduce por parte posterior de los alojamientos y entre las caras del mismo.
- También el lubricante se acumula en los segmentos de fuego como resultado de la inercia.

### 1.5.2.DESGASTE EN EL MOTOR QUE EVITA LA LUBRICACIÓN

La principal función del lubricante es crear una película lubricante entre las superficies con movimiento relativo para prever el rozamiento y el desgaste. Reduciendo al mínimo el rozamiento y el desgaste. Las consecuencias de un desgaste brusco en cualquier parte del motor son: daño total del mecanismo, teniendo como resultado una indisponibilidad y también no poder realizar una reparación, etc.

Las molestias generadas al usuario son: aumento en el costo de mantenimiento, consumos excesivos, en el funcionamiento se generan ruidos, pérdidas de potencia del motor y daño directo sobre la vida del vehículo.

*Tabla 1.12 Tipos de géneros de desgaste en partes del motor.*

*Fuente: [Gulwadi, S. D.; 2000].*

PARTE		DESGASTE ADRESIVO	DESGASTE CORROSIVO	DESGASTE ABRASIVO	DESGASTE POR FATIGA	DESGASTE EROSIVO
Camisa, segmento, pistones		√	√	√		
Levas, empujadores, balancines		√	√	√	√	
Vástago-guía de válvula		√		√		
Apoyo-asiento de válvula		√		√		
Engranajes de distribución		√		√		
Muñones			√	√	√	√
Cojinetes			√	√		√
O. A	B. de aceite	√		√	√	
	B. Combustible	√		√	√	
	B. de inyección	√		√	√	

### **A. Desgaste adhesivo**

El desgaste adhesivo está presente cuando la película lubricante no separa por completo las superficies metálicas que estén en fricción, creando una fricción directa. La presencia de este desgaste se da por: un sistema de lubricación inadecuado, dilución, lugares con elevadas temperaturas volatizando el lubricante, colocar lubricantes con baja viscosidad y por una velocidad lenta imposibilitando una adecuada formación de la película de aceite.

En superficies metálicas por más acabados que tengan, siempre contienen abundantes asperezas superficiales, en escalas micrométricas generando desgaste adhesivo.

### **B. Desgaste por fatiga superficial.**

Este tipo de desgaste se genera por el esfuerzo repetitivo de cada superficie generando grietas profundas. Estos desgastes provocan la aparición de escamas metálicas y picaduras en las superficies.

También se genera en las superficies de rozamiento la fatiga térmica en lugares con fricciones duras y frágiles. Estas superficies soportan gradientes térmicas elevadas, afectando directamente a elementos que se encuentran en deslizamientos con altas velocidades. Los resultados de estos desgastes son presencia de grietas en toda la superficie repartidas uniformemente, en sentido perpendicular a la dirección de deslizamiento.

### **C. Desgaste corrosivo.**

Este tipo de desgaste se produce por reacciones de la combustión, debido a que ahí se forman una serie de contaminantes químicos, algunos de productos son muy ácidos. Siendo más agresivos contra los metales cuando existe presencia de agua. De igual manera el lubricante puede convertirse en un peligro ya que puede originar oxoácidos volátiles y corrosivos cuando no se realiza un cambio de aceite según lo establecido el fabricante.

### **D. Desgaste abrasivo.**

La presencia de este desgaste se da por tener superficies duras, que se desplazan sobre un elemento más suave. Se conoce a este desgaste por tener dos visiones una positiva y una negativa. La negativa se genera cuando dos elementos en fricción, una

tiene una dureza superior y una rugosidad suficiente en comparación con la otra. Provocando que las asperezas realicen un rastrillado de la superficie más blanda.

La positiva se da porque no muchos la ven perjudicial, ya que para herramientas de corte el desgaste abrasivo realiza una serie de micro cortes.

#### **E. Desgaste erosivo**

Este desgaste se genera debido a la presencia de elementos metálicos bañadas de un líquido a altas velocidades y también porque estas superficies esta cargadas de partículas sólidas duras.

### **1.6. ACEITES DEL MOTOR DIESEL**

#### **1.6.1. ACEITE BASE**

Se le denomina aceite base a la mezcla de dos o más componentes, el aceite lubricante está constituido en gran parte por el fluido básico. Los cuales son compuestos derivados del petróleo crudo o también denominados aceites minerales. Con el paso del tiempo los productos sintéticos ganan terreno por sus funcionalidades en el motor, quedando atrás los aceites minerales.

En la actualidad los lubricantes tienen que cumplir una serie de requisitos en el motor, debido a que ya no solo se dedican a lubricar, sus funciones son varias. Teniendo actualmente una serie de aceites los cuales se clasifican según las necesidades del motor.

#### **1.6.2. TIPOS**

##### **1.6.2.1. ACEITES MINERALES**

Los aceites minerales son productos obtenidos de la destilación del petróleo y están compuestos mayoritariamente por hidrocarburos. Existen muchos usos comerciales de estos aceites minerales, como aditivos alimentarios, en medicina, productos fitosanitarios, piensos, lubricantes, materiales en contacto con los alimentos, tintas de impresión, pero también se pueden formar hidrocarburos de manera natural en organismos marinos, bacterias, hongos, plantas e insectos, y en el procesado de algunos alimentos, como tratamiento térmico, refinados de aceites, etc.

##### **1.6.2.2. ACEITES SINTÉTICOS**

El lubricante sintético es un aceite fabricado artificialmente (sintetizados) que contiene compuestos químicos. Se pueden elaborar usando componentes de hidrocarburos modificados químicamente antes que petróleo crudo, no obstante, también se pueden sintetizar a partir de otras materias primas. Es tipo de lubricante se utiliza como sustituto de aceites refinados a partir de hidrocarburos cuando las condiciones de

funcionamiento son de temperaturas extremas ya que, por lo general, brindan propiedades mecánicas y químicas superiores a las que tienen los aceites minerales. (Total, 2018)

#### **1.6.2.3. ADITIVOS**

Los aditivos son pequeñas cantidades de sustancias que se agregan al aceite con el objetivo de mejorar sus propiedades y características básicas. En la actualidad casi todo lubricante contiene aditivos, por lo general todos los lubricantes de motores tienen aditivos, el contenido de esta sustancia es de un 20 % si son aceites de alta calidad. Existen también envases que venden sustancia de aditivos, pero son soluciones de aceite e ingredientes activos con un contenido de 5% del aditivo total.

Los aditivos se agregan al lubricante para mejorar sus propiedades. Existen diferentes tipos de aditivos, a continuación, los tenemos:

- Modificadores de viscosidad
- Aditivos detergentes.
- Antioxidantes
- Depresores del punto de congelación
- Aditivos dispersantes.
- Aditivos anti-desgaste
- Modificadores de fricción.

### **1.7. MANTENIMIENTO**

#### **1.7.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO:**

“Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.” (Santiago García Garrido, 2012)

#### **1.7.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**

“Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.” (Santiago García Garrido, 2012)

### **1.7.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO:**

“Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.”  
(Santiago García Garrido, 2012)

## 2.CAPITULO SEGUNDO: MUESTREO DEL ACEITE

Realizar el muestreo del lubricante motor diésel, mediante el seguimiento de un protocolo a determinados kilómetros de recorridos para un análisis de las propiedades de viscosidad y TBN mediante ensayos en un laboratorio.

En este capítulo se describirá el tipo de vehículo utilizado para el muestreo de aceite del motor y la importancia del mantenimiento predictivo para la obtención de un resultado real en el análisis de aceite siguiendo la normativa ASTM (American Society of Testing Materials) Asociación Americana de Ensayo de Materiales.

La investigación se centra en el proceso que se utilizara para la adquisición de un muestreo eficaz, conocer las propiedades y especificaciones del aceite utilizado o recomendado para el motor del vehículo que analizaremos. Permitirá obtener un análisis descriptivo de cada una de las muestras.

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL VEHICULO

Para el análisis de la degradación y vida útil del lubricante motor. La compañía BRACAZUA S.A nos ha permitido utilizar el siguiente vehículo para el muestreo. En la figura 2.1 se presenta el vehículo a utilizar para la investigación y en la tabla 2.1 se describen los datos del tracto camión.

*Tabla 2.1 Datos del vehículo Mercedes Benz Actros 3353.*

*Fuente: Autor*

Tipo	Cabecal
<b>MARCA</b>	Mercedes Actros
<b>SERIE</b>	3353
<b>Año</b>	2011
<b>PLACA</b>	AAA-1484





*Figura 2.1 Tracto camión Mercedes Benz Actros 3353.*

*Fuente: Autor*

### **1.1.1. CARACTERISTICAS DEL MOTOR**

Este tipo de vehículo (cabezal) tiene un motor de las siguientes características, presentado en la tabla 2.2.

*Tabla 2.2 Características del motor Mercedes Benz Actros.*

*Fuente: Autor*

<b>Modelo:</b>	<b>MB OM-502 LA Euro II, con mando electrónico</b>	
<b>Tipo:</b>	8 cilindros en “V”, turbocooler	
<b>Cilindrada / Válvulas por cil:</b>	15.928 cm <sup>3</sup> / 4 vals.	
<b>Potencia máxima (ISO 1585):</b>	390 kW (530 cv) a 1.800 rpm	
<b>Par motor máximo (ISO 1585):</b>	2.400 Nm a 1.080 rpm	
<b>Diámetro por Carrera (mm):</b>	130x150	Rel. De Compresión 1:17,75

En la figura 2.2 tenemos un motor Mercedes Benz Actros 3353S caracterizándose por tener cabezotes separados para cada cilindro. Esto es una ventaja al momento de realizar un mantenimiento ya que nos ahorra costos y tiempo.



*Figura 2.2 Motor Mercedes Benz Actros*

*Fuente: (Mascus, 2015)*

### **2.1.2. ACEITE UTILIZADO EN EL TRACTO CAMIÓN**

La Compañía de transporte pesado BRACAZUA S.A en sus unidades de transporte utilizan el aceite lubricante CHEVRON Delo® 400 XLE SAE 15W-40 Figura 2.3.



*Figura 2.3 Aceite Delo® 400 XLE SAE 15W-40.*

*Fuente: Autor*

### **2.1.3.DESCRIPCION DEL PRODUCTO**

El lubricante de la compañía Chevron tiene Tecnología ISOSYN® Advanced siendo utilizado por motores de flota mixta y para motores de servicio pesado proporcionando de mezcla sintética de calidad Premium, esta tecnología proporciona mejor longevidad al motor siendo recomendado para motores diésel de cuatro tiempos, atmosféricos, turboalimentados y motores de gasolina de cuatro tiempos.

Para motores Diesel del cuatro tiempos con una cilindrada de 15.928 cm<sup>3</sup> se recomienda utilizar un lubricante de categorías de servicio API CK-4 o SN, y un grado de viscosidad SAE 15W-40.

“Chevron ISOCLEAN Certified Lubricants han sido certificación de cumplimiento de las normas de limpieza ISO específicas en el punto de entrega usando tecnología de filtración y pruebas líderes en la industria. Los productos con certificación ISOCLEAN son el primer paso para controlar la contaminación y maximizar la vida del componente.”(Synblnd, 2018)

#### 2.1.4.CARACTERISTICAS DEL ACEITE PARA EL MUESTREO

El lubricante Delo® 400 XLE SAE 15W-40 viene proporcionado con aditivos de tecnología avanzada. Proporciona una mayor vida útil del aceite y mejor protección a los elementos que están sujetos a desgaste. Cumpliendo con la normativa GHG 17 para motores nuevos. En la tabla 2.3 podemos observar las propiedades base del lubricante Delo® 400 XLE SAE 15W-40.

*Tabla 2.3 Propiedades base del aceite Delo® 400 XLE SAE 15W-40*

*Fuente: (Synblnd, 2018)*

GRADO SAE	15W40
Numero de producto	278017
Numero SOS	
EE. UU	43380
México	43382
Densidad a 15 °C, K/L	0.873
Viscosidad Cinemática	
mm <sup>2</sup> /s a 40°C	111
mm <sup>2</sup> /s a 100°C	14.9
Viscosidad, Arranque en Frio, °C/mPa.S	-20/5200
Viscosidad, MVR, °C/mPa.S	-25/16,600
Viscosidad, HTHS, mPa.S	4.2
Índice de viscosidad	140
Punto de Inflamación, °C(°F)	228(442)
Punto de Ecurrimiento °C(°F)	-39(-38)
Ceniza sulfatada, masa %	1,0
Numero Base, mgKOH/g, ASTM D2896	10.7
Fosforo, masa %	0.076
Azufre, masa %	0.277
Zinc, masa %	0.083

La tecnología empleada en lubricante nos permite tener un 35% de mejor control de oxidación, un 68% mejor protección contra desgaste y un 64% mejor control de depósitos en los pistones.

“Delo 400 XLE SAE 15W-40 está formulado con Tecnología Avanzada ISOSYN, la cual combina la experiencia líder de Chevron en formulaciones con una química de aditivos única de alto desempeño para ayudar a prolongar la durabilidad de las piezas fundamentales del motor diésel.”(Chevron Lubricants, 2019)

## **2.2. AFINAMIENTO DEL VEHÍCULO ACTROS 3353S**

El objetivo es reducir al máximo el desgaste producido en el motor, un vehículo hoy en día no es un lujo, es una necesidad más aun tratándose de un vehículo de transporte de carga. Por lo tanto, debemos mantenerlo en buen estado ya que es fundamental para nuestra seguridad y para optimizar un rendimiento perfecto del motor.

Antes de realizar la recolección de muestras de aceite es esencial realizar un mantenimiento preventivo al motor del vehículo ya que así podemos obtener resultados con mayor veracidad, también evitando desperfectos que puedan hacer que el tiempo de recolección de muestras se retrasen, el mantenimiento nos garantiza un funcionamiento óptimo en el vehículo y un muestreo confiable.

Los procesos de mantenimiento previo al muestreo de aceite son:

- Reemplazo de Aceite motor Marca Chevron semisintetico 15w40.
- Reemplazo del Filtro de Aire
- Reemplazo del Filtro de Aceite.
- Reemplazo del Filtro Secador.
- Reemplazo del filtro de Combustible.
- Ajuste de pernos del cabezote con su torque respectivo.

### **2.2.1.CAMBIO DE ACEITE**

El cambio de aceite en un motor es primordial debido que al estar en funcionamiento genera fricciones y rozamientos entre piezas o elementos ocasionando desgaste, pero si mantenemos una lubricación adecuada en los elementos se formara una película, la cual impida el desgaste exagerado y obteniendo buen rendimiento, alargando

la vida útil del motor. Es necesario darnos cuenta que una buena lubricación mayor durabilidad en los elementos.

Al saber que el cambio de aceite es fundamental en la vida del motor no es suficiente realizar una inspección de su estado en forma visual porque no podemos determinar las condiciones en el momento, es difícil conocer visualmente las propiedades, viscosidad y densidades del mismo.

El estado de las propiedades del aceite depende mucho de las condiciones de funcionamiento de los filtros y el tipo de combustible, en este caso filtro de aceite, filtro de combustible, filtro secador. Ya que permiten la separación de impurezas y así brindar un rendimiento eficaz del motor. La calidad de combustible nos ayuda en una buena combustión.

En nuestro medio los cambios de aceite se realizan a base de un kilometraje recorrido recomendado por un técnico, no sabemos netamente si el aceite ya perdió sus propiedades y necesita ser reemplazado por lo tanto siempre nos dejamos guiar del técnico de confianza. Normalmente la flota de vehículos de la compañía a BRACAZUA S.A. realizan los cambios de aceite en un promedio de ocho mil y nueve mil kilómetros de recorrido. Es por eso que vamos a realizar un muestreo de aceite para analizar cuantos kilómetros mantiene las propiedades y si es recomendable realizar los cambios en kilometrajes más largos de trabajo ayudándonos así en un ahorro.

El aceite a utilizarse es un CHEVRON SAE 15W40 SEMYSINTETICO recomendado por el fabricante para motores diésel, este aceite nos permitirá tener una secuencia de muestreo. Como ya dijimos anteriormente el aceite debe estar a su temperatura normal de funcionamiento, son 37 litros de aceite que lleva el cárter de aceite del motor actros.

En nuestro caso colocamos 37.8 litros de aceite para realizar el muestreo ya que por la obtención del muestreo tendemos a tener una pérdida mínima de fluido (aceite).

Se procedió a realizar en cambio como lo podemos observar en la figura 2.4.



*Figura 2.4 Aceite SAE 15W-40 utilizado para el tracto camión.*

*Fuente: Autor*

### **2.2.2.CAMBIO DEL FILTRO DE AIRE**

Los vehículos con motores diésel de carga pesada como camiones, buses, tracto camiones y maquinaria pesada, es importante que el aire con el que operan sus motores diésel esté libre de polvo he impurezas ya que el mismo podría dificultar en su funcionamiento. El filtro esa constituido por la empaquetadura reforzada de sella radial y tapa de externo, extremos flexibles, la construcción permapleat y bandas de pegamento en espiral. Este tipo de filtro de aire lo podemos ver en la figura 2.5



*Figura 2.5 Composición de un filtro de aire*

*Fuente: (Corporación Rod SAC, 2017)*

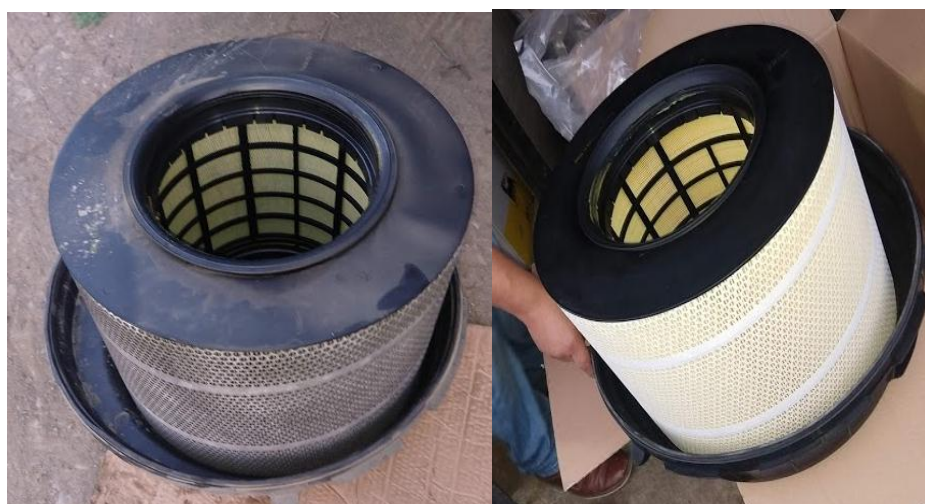
Es importante el cambio del filtro de aire en un vehículo, el estado del mismo depende del correcto funcionamiento del motor.



El filtro de aire es un elemento del motor cuya función es como su nombre lo dice, filtrar el aire que se introduce en el motor, impidiendo el paso de polvos e impurezas.

Todos los vehículos están expuestos en mayor o menor cantidad del aire exterior cuando están en movimiento, en las vías de tierra la probabilidad es mayor este se filtra en su interior. Si el filtro de aire no existiera las impurezas y todas las partículas de polvo y suciedad pasarían a los cilindros del motor, dañándolos y afectando al buen funcionamiento, por lo tanto, aumenta el consumo del combustible y contaminación del aceite.

Para mantener una durabilidad y una vida prolongada del motor es aconsejable reemplazar el filtro de aire en los 15000km u 1000 horas de trabajo, en nuestro medio ambiente se realiza a los 8000 km de recorrido. En la figura 2.6 podemos observar el filtro de aire reemplazado



*Figura 2.6 Filtro de Aire.*

*Fuente: Autor*

### **2.2.3.CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE**

El filtro de aceite mantiene el circuito de la lubricación libre de impurezas, prolongando la vida útil del motor.

Este es un elemento básico que es obligadamente necesario sustituirlo en cada cambio de aceite. En la figura 2.7 podemos observar los elementos que componen un filtro de aceite.



*Figura 2.7 Partes del filtro de aceite.*

*Fuente: (Jufre Oil Service, 2011)*

La función principal es proteger al aceite de la llegada de impurezas antes que empiece el circuito de lubricación. Los contaminantes más comunes que el filtro debe retener son:

- Residuos metálicos provenientes al desgaste del motor.
- El polvo, residuos orgánicos del exterior del ambiente.
- Contaminantes y ácidos como la carbonilla por la combustión.
- Lodos producida por la condensación.

Las impurezas son producidas por el rozamiento de piezas, la corrosión generada por el agua o la descomposición de los aditivos del aceite dentro del motor las mismas que al pasar a los cilindros y pistones ocasionan daños a su integridad. (Bosch, 2011).


Los datos técnicos del filtro a utilizar se presentan la tabla 2.4 y figura 2.8



Tabla 2.4 Datos del filtro de aceite.

Fuente: (Jesus Rodriguez, 2019)

Descripción esquemática	
<b>Código</b>	50 013 484
<b>Cota A</b>	117,0 mm
<b>Cota B</b>	56,0 mm
<b>Cota H</b>	312,0 mm



Los filtros de aceite varían en su tamaño debido a la capacidad del cárter de cada motor, pero la función es la misma en todos. En el caso del Mercedes Benz Actros 3353S el vehículo contiene dos filtros debido a la capacidad del cárter de aceite y su funcionamiento. Para instalar el filtro nuevo es necesario colocar aceite alrededor como se aprecia en la figura 2.8.



Figura 2.8 Cambio de filtros de aceite

Fuente: Autor

#### 2.2.4.AIR DRYER

La función principal del secador de aire es eliminar los residuos de humedad y el aceite enviar el compresor un aire totalmente seco. (HINO, 2015).

Los datos técnicos del air dryer se presentan en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Datos técnicos del air dryer T250W.

Fuente: (Hengst, 2019)

Especificaciones		Dimensiones en mm	
<b>Código de artículo</b>	526600000	A	136.00
<b>EAN</b>	4030776023534	B	100.00
		C	111.0
		D	-----
		E	-----
		F	-----
		G	M39x1.5
		H	165.00

De igual manera que el filtro de aceite se realiza una lubricación a la sesión de roscado y de goma lo podemos apreciar en la figura 2.9.



*Figura 2.9 Cambio del Air dryer.*

*Fuente: Autor*


### **2.2.5. CAMBIO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE**

La función del filtro de combustible es la de proteger el sistema de inyección. Los filtros detienen las impurezas que se presentan en el combustible evitando daños en los elementos de inyección, las impurezas pueden presentarse por una contaminación en el transporte o la manipulación del mismo, oxidación del depósito o elementos del circuito, condensación del agua debido a la variación de temperatura en el depósito de combustible.

Es por la razón que el sistema de conducción de combustible encontramos dos tipos de filtros por donde debe pasar el Diésel antes de llegar a la bomba de inyección, son filtros que contienen cartuchos de papel plegado en la tabla 2.6 encontramos las dimensiones de estos filtros.

*Tabla 2.6 Dimensiones del filtro de combustible.*

*Fuente: (Hengst, 2019)*

Dimensiones de filtro		
COTA A	<b>106.0 mm</b>	
COTA B	<b>14.0 mm</b>	
COTA D	<b>46.0 mm</b>	
COTA H	<b>202.0 mm</b>	

#### **2.2.6.REAJUSTE DEL CABEZOTE**

La parte superior que se encuentra cubriendo el bloque de cilindros se llama cabezote, es aquel que está formado de una estructura sólida y tiene diseñado unos pasos por los cuales circula el agua o liquido refrigerante evitando que su temperatura alcance niveles de estado crítico. El cabezote tiene por objetivo conseguir una buena mezcla aire combustible que pueda comprimirse hasta alcanzar la combustión en la cámara, soportando el calor que se genera en el proceso.

##### **➤ Revisión visual y reajuste de la tapa válvulas del cabezote.**

Realizamos un reajuste de los cabezotes del motor del vehículo mercedes actros, dando el torque establecido por el fabricante, esto nos permite evitar fugas de aceite por el empaque del mismo y así evitar deformaciones en el cabezote.

Los pernos del cabezote se torquean por etapas esto se especifica en la tabla 2.7 las etapas 4 y 5 son Angulares.

Tabla 2.7 Torques que se le realiza el Mercedes Benz.

Fuente: Autor

ETAPAS	Nm	GRADOS (°)
1	40	
2	100	
3	200	
4		90
5		90

En la figura 2.10 observamos el reajuste que se dio a cada uno de los cabezotes.



Figura 2.10 Reajuste de los pernos del cabezote.

Fuente: Autor

### 2.3. METODO DE TOMA DE MUESTRA

El muestreo de aceite en un motor diésel es importante, ya que al realizar su análisis en el laboratorio nos permitirá diagnosticar la salud del motor y la degradación del aceite. El estado de las propiedades del aceite como: T.B.N, viscosidad y cada uno de sus componentes que estén sufriendo desgaste por motivo del funcionamiento o alguna falla mecánica. Nos ayuda evitar problemas antes que los suceda ya que mediante el informe del análisis conoceremos si existiese residuos de hierro, cobre, cromo, aluminio, plomo y silicio que son materiales de los que están conformados las piezas o componentes del motor, permitiéndonos identificar proactivamente problemas potenciales en los motores diésel para dar solución a tiempo el cual nos da un ahorro de dinero y un alargue a la vida útil del motor. Mediante la toma de muestra monitoreamos tres parámetros:

- La salud del lubricante.
- La salud del Equipo.
- Propiedades que se relacionan con los contaminantes.

### **2.3.1. PUNTOS QUE PUEDEN REALIZAR LA TOMA DE MUESTRA**

Para la toma de muestra debemos ser muy conscientes porque es el inicio del análisis de aceite, al tener una muestra tomada de manera correcta y con sus respectivas precauciones nos dará resultados veraces y nos reflejará el estado de los componentes del motor.

Un análisis de aceite exitoso comienza con un muestreo correcto y cumpliendo con una obtención máxima de información, minimizando alguna distorsión de la información y siguiendo una frecuencia adecuada del muestreo.

Existen diferentes formas de realizar la toma de muestra del aceite:

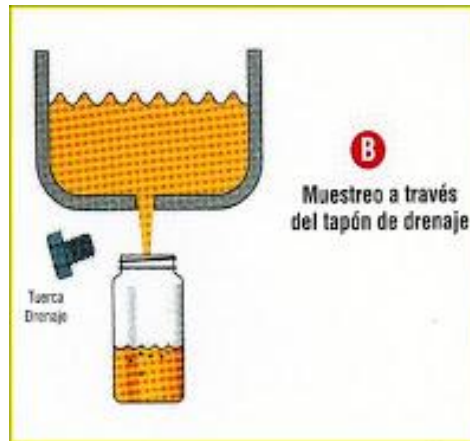
- Tapón de drenaje.
- Muestreo con manguera y bomba de vacío (vampiro).
- Válvula de muestreo.

Al conocer los puntos técnicos o seguros garantizaremos un muestreo de aceite libre de contaminación.

#### **➤ Tapón de drenaje:**

Realizar un muestreo mediante el método del tapón de drenaje no sería técnicamente recomendable, debido que este punto se encuentra expuesto al ambiente con una contaminación masiva, es probable que el muestreo obtenga partículas contaminantes del ambiente que dificultará en el análisis correspondiente en el laboratorio.

En el caso de optar por realizar por este método de muestreo por el tapón de drenaje es recomendable realizar una limpieza puntual del mismo, de sus partes cercanas y del entorno del tapón evitando así la contaminación de la muestra.

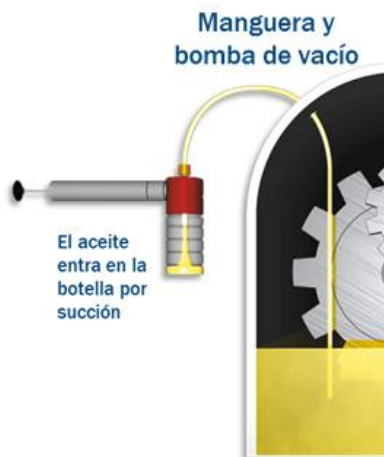


*Figura 2.11. Drenaje por tapón.*

*Fuente: (Carlos P, 2011)*

### ➤ **Muestreo con manguera y bomba de vacío**

Realizar el muestreo mediante bomba al vacío es un método con menor riesgo de contaminación que el nombrado anteriormente ya que este nos permite realizar la succión del aceite de motor mediante una manguera que ingresa por la bayoneta del medidor de aceite llegando hasta el cárter del motor. En la figura 2.12 podemos ver el proceso de absorción del lubricante.



*Figura 2.12 Muestreo con manguera y bomba de vacío*

*Fuente: (Lublearn, 2014)*

Es un método apropiado ya que técnicamente podemos mantener la muestra limpia y libre de impurezas que puedan dificultar el análisis. La manguera que se utiliza en el muestreo tiene que ser desechada y remplazada en cada una de las muestras obtenidas para evitar la contaminación por residuos u hollín del mismo aceite.



### 2.3.2.PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE

Luego de verificar que existen tres puntos que permiten el muestreo de manera técnica y efectiva, hemos optado por realizar mediante el punto Bomba al vacío (Vampiro).

La Bomba al vacío nos permitirá obtener una muestra directamente del cárter del motor. De esta manera el resultado del análisis de aceite en el laboratorio será técnicos, específicos y verdaderos, tomando en cuenta que el aceite ha sido directamente tomado del depósito o cárter al recipiente (frasco) de la muestra liberándole de contaminantes que pudiera existir en el ambiente al momento del muestreo

Al tener claro el punto de succión para obtener técnicamente las muestras de aceite, procedemos a verificar que el equipo se encuentre en óptimas condiciones.

El muestreo se realizará con el tipo de bomba de muestreo o succión (vampiro) figura 2.13.



*Figura 2.13 Bomba de muestreo.*

*Fuente: Autor*

Tener en cuenta el kilometraje u horas de cada una de las muestras como lo apreciamos en la figura 2.14. Nos ayuda en el control secuencial del muestreo permitiéndonos obtener un orden en los resultados ya que al momento de los resultados de los análisis de cada muestreo conoceremos que factores o que consecuencias tienen cada resultado según su kilometraje



*Figura 2.14 Toma del Kilometraje en el tracto camión.*

*Fuente: Autor*

La maquinaria o vehículo debe estar operativo. Necesariamente es importante tener en este caso el cabezal Mercedes Actros donde se realizará el muestreo para su respectivo análisis de aceite en laboratorio con el motor en funcionamiento para que el aceite este en circulación y a su temperatura normal para tener los contaminantes existentes mezclados en la muestra.

### **2.3.3.CONSIDERACIONES PARA UN BUEN RESULTADO**

Cada toma de muestra que se realice tiene que ser del aceite que se encuentra circulando en el sistema de lubricación, debemos tener mucho cuidado al momento de la extracción para evitar que se contamine con agentes externos al motor o elementos cercanos al mismo.

El vehículo tiene que estar a una temperatura normal de trabajo figura 2.15 la cual es de 70 a 80 (°C).



*Figura 2.15 Temperatura de trabajo.*

*Fuente: Autor*

Es necesario cumplir con este parámetro ya que el motor en funcionamiento esta con su sistema de lubricación circulando, y cada uno de sus componentes se encuentran



tanto en fricción como en rozamiento los cuales permiten que todos los contaminantes y residuos que existiesen en el motor se mezclen y servirá al momento del análisis en el laboratorio para corregir fallas tempranas.

Otros aspectos importantes a tener en cuenta son:

- Los equipos con los que se procederá a la toma de muestra deben ser los correctos y estar libre de contaminación con agentes externos a la muestra.
- El punto de toma de muestra libre de impurezas.
- Lugar aislado del medio ambiente
- La etiqueta de identificación correctamente llenada con la información acorde con la fecha, tipo de aceite, kilometraje u hora de la muestra.
- El envío de la muestra se debe realizar antes de las 24 horas.

Todas estas consideraciones permitirán que los resultados obtenidos sean adecuados para su respectivo análisis.

#### **2.3.4. DESCRIPCION DEL EQUIPO UTILIZADO PARA EL MUESTREO**

Los equipos necesarios para realizar el muestreo son los siguientes:

- Vehículo Cabezal Mercedes Benz Actros 3353s año 2011.
- Aceite Chevron Delo 400 XLE SAE 15W-40.
- Bomba de Vacío (vampiro).
- Manguera de 1/8"
- Paño o guaipe para limpieza.
- Botes para toma de muestras (125 ml) preferentemente de plástico.
- Fundas plásticas de tipo cierre hermético.
- Etiquetas para datos de la muestra.
- Tapa con espuma de poli propeno.

A continuación, describiremos cada elemento:

- **El Vehículo utilizado** para el análisis es el Cabezal Mercedes Benz Actros 3353s Año 2011 figura 2.16 lo podemos observar.



*Figura 2.16 Vehículo de la compañía BRACAZUA S.A .*

*Fuente: Autor*

- **El aceite a utilizarse:** en la investigación es el **Aceite Chevron Delo 400 Xle Sae 15w-40** en la figura 2.17 lo podemos observar.



*Figura 2.17 Lubricante a analizar Aceite Delo® 400 XLE SAE 15W-40.*

*Fuente: Autor*

- **Bomba de succión (tipo vampiro):** Es una herramienta técnica que nos permite un muestreo limpio y seguro para el resultado en el momento del análisis en el laboratorio figura 2.18.



*Figura 2.18 Bomba de succión.*

*Fuente: Autor*

- **Botes para toma de muestras (125 ml) preferentemente de plástico:** Son botellas plásticas fabricadas con polietileno de alta densidad, nos ayudaran en la obtención de la muestra segura y sin contaminación ya que disponen de tapa con un empaque que no permite el derrame de fluido y tampoco el ingreso de partículas o residuos que lo contaminen a la muestra en figura 2.19 lo podemos observar.



*Figura 2.19 Deposito de la muestra.*

*Fuente: Autor*

- **Manguera de 1/8":** Es una manguera de 1/8" resistente a temperaturas altas y con la misma medida del largo de la varilla del medidor de aceite del motor, esta nos permitirá la extracción del fluido del cárter hasta el frasco del muestreo para su respectivo análisis,



Figura 2.20 Manguera transparente de 1/8.

Fuente: Autor

- **Etiquetas para datos de la muestra:** La etiqueta para datos de la muestra es documento donde podemos apuntar toda la información requerida de la misma. Hay varios datos fundamentales que necesitan saber para proceder con los análisis en el laboratorio. En la figura 2.21 tenemos la ficha a llenar.

Los datos fundamentales son:

- Componente de la muestra (motor, transmisión, hidráulico, compresor, otros).
- Cliente:
- Producto:
- Equipo:
- Origen:
- Fecha:
- Hr/km muestra:
- Horómetro/km:
- Cambio de aceite: SI ☐ NO ☐



**MUESTRA DE ACEITE LUBRICANTE**  
NOTA: Tomar la muestra al aceite caliente.

**Componente:**  
☐ Motor    ☐ S. Hidráulico  
☐ Transmisión    ☐ Compresor  
☐ Otros

Cliente: \_\_\_\_\_  
 Lubricante: \_\_\_\_\_  
 Procedencia: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Tiempo/Recorrido de Servicio: \_\_\_\_\_  
 Horómetro/Recorrido total: \_\_\_\_\_  
 Cambio de aceite: SI ☐ NO ☐

GUAYAQUIL: 2599900 / QUITO: 2241555 / CUENCA: 2865209 / AMBATO: 2408207 / STO. DOMINGO: 3751459 / MANTA: 2928587

Figura 2.21 Etiqueta de datos de información de la muestra.

Fuente: Autor

- **Paño o guaipe para limpieza:** Son complementos de limpieza que utilizamos para tener limpia en área de la toma de la muestra o el punto de la muestra, también en caso de chorreo de fluido o algún tipo de incidente que no debería presentarse. Estos elementos se pueden visualizar en la figura 2.2



*Figura 2.22 Elementos de limpieza.*

*Fuente: Autor*

- **Fundas plásticas de tipo cierre hermético:** Estas fundas nos ayudan en prevenir el contacto directo del bote que contiene la muestra de fluido con el medio ambiente, es importante proteger la muestra cómo se puede observar en la figura 2.23 ya que eso depende la veracidad del análisis en el laboratorio, por ello es recomendable mantenerle dentro de la bolsa hermética.



*Figura 2.23 Funda hermética.*

*Fuente: Autor*

## **2.4. PROCESO DE MUESTREO**

La solución de problemas utilizando el análisis de aceite se apoya en una zona correcta de toma de muestras, ya que podemos tomar de lugares incorrectos y alterar el resultado de la muestra.

Para lograr unos buenos resultados en la toma de muestras de aceite en este proyecto es necesario seguir el siguiente procedimiento.

### 1. ESTACIONAR EL VEHÍCULO

El vehículo se debe encontrar en un lugar plano y sin polvo



*Figura 2.24 Posición del vehículo.*

*Fuente: Autor*

### 2. REVIZAR LA TEMPERATURA

El motor debe mantener la temperatura normal de funcionamiento



*Figura 2.25 Indicador de temperatura.*

*Fuente: Autor*

### 3. REVIZAR EL KILOMETRAJE

Revisamos el Kilometraje o el odómetro de cada muestra para llevar un control secuencial del muestreo y poder identificar los resultados en cada rango de kilometraje u hora.



*Figura 2.26 Kilometraje del tracto camión.*

*Fuente: Autor*

#### 4. REVIZAR NIVELES DE ACEITE

El aceite debe mantener en los rangos establecidos por el fabricante, ya puede ser en el rango mínimo o máximo. En el muestreo realizado lo mantuvimos en rango máximo.



*Figura 2.27 Nivel actual del lubricante.*

*Fuente: Autor.*

#### 5. LIMPIEZA DEL PUNTO DE MUESTRA

La limpieza es importante ya que nos ayudar a prevenir que la muestra sea contaminada demos limpiar el punto de la muestra y sus alrededores.





*Figura 2.28 Limpieza en la superficie donde se tomará la muestra.*

*Fuente: Autor*

## 6. ABRIR EL RECIPIENTE

Procedemos abrir el recipiente que se encuentra dentro de la bolsa plástica. Se procede a ingresar la botella sellada en una bolsa de plástico donde no contenga contaminantes. Sellamos la bolsa platica y precedemos abrir la botella de su tapa.



*Figura 2.29 Recipiente dentro del bolsa hermética.*

*Fuente: Autor*

## 7. CONECTAR EL RECIPIENTE CON LA BOMBA AL VACIO(VAMPIRO)

El recipiente se conecta a la bomba de vacío (vampiro) realizando una presión en la funda plástica obteniendo un agujero para que ingrese el aceite.





*Figura 2.30 Acoplamiento de la botella y la bomba.*

*Fuente: Autor*

## 8. INTRODUCIR LA MANGUERA

Se introduce la manguera por el orificio donde va la varilla de la medición del aceite del motor, para realizar la succión la manguera tiene que tener la misma medida de la varilla para alcanzar al cárter.



*Figura 2.31 Acople de la manguera y el orificio de medición del aceite.*

*Fuente: Autor*

## 9. OBTENCION DE ACEITE

Realizamos la succión del aceite por medio de la bomba de vacío (vampiro) debemos obtener 125 ml. Para el análisis correspondiente.



*Figura 2.32 Extracción de la muestra de aceite.*

*Fuente: Autor*

## 10. DESCONECTAR BOMBA

Procedemos a desconectar el recipiente de la bomba de vacío (vampiro), pero sin sacar el recipiente de la funda plástica rápidamente se procede a taparlo y verificar que no exista fugas.



*Figura 2.33 Finalización de la extracción y desacoplamiento de bomba y el tractor.*

*Fuente: Autor*

## 11. INFORMACION DE LA MUESTRA

Etiquetamos el recipiente de la muestra con el tipo de aceite, kilometraje u horas, fecha del muestreo y alguna observación que sea necesario en el laboratorio.



Figura 2.34 Llenado de datos técnicos.

Fuente: Autor

## 12. ENVIO DE MUESTRA

Realizamos el envío de la muestra totalmente sellada y con su información exacta es recomendable enviar la muestra durante las 24 horas obtenida la muestra.

Toda la información que se etiqueta en el recipiente debe ser real para no llegar a tener inconvenientes en el momento de los resultados.



Figura 2.35 El envío debe ser máximo en 24 horas.

Fuente. Autor

Toda la información que se etiqueta en el recipiente debe ser real para no llegar a tener inconvenientes en el momento de los resultados. Referente a las mangueras, estas

deben ser reemplazadas para seguir la secuencia del muestreo y evitar una contaminación de una muestra a otra.

De igual forma la bomba de vacío (vampiro) una vez de ser desconectada del recipiente debemos mantenerla lejos de una posible contaminación. En el caso de ser contaminado el recipiente será reemplazado.

## **3.CAPITULO TERCERO:**

# **IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Evaluar el estado de las propiedades del TBN y Viscosidad del lubricante examinado los resultados obtenidos y haciendo un estudio comparativo con los límites establecido por el fabricante.

### **3.1. ANÁLISIS DE ACEITE**

Se realiza un análisis de aceite para determinar la presencia de anomalías en él, como materias extras procedentes de varios orígenes del motor, las partículas que podemos encontrar están: partículas provenientes de oxidación del aceite, partículas de combustible, partículas de agua, elementos metálicos o de óxidos metálicos, también se generan ácidos producidos por la combustión, en los análisis de aceite está el silicio que es resultado del polvo atmosférico y se puede encontrar materia carbonosa.

La presencia de contaminantes en el lubricante, puede generar diversos problemas a futuro para el motor, hay que tener en cuenta que estos contaminantes pueden ser se cualquier lugar. Esto implica que pueden atacar directamente a las superficies lubricadas que tienen como protección la película lubricante o en el peor de los escenarios pueden atacar la vida útil del lubricante perjudicando su óptimo funcionamiento.

El análisis de aceite nos permite tener una visión clara del estado actual del motor, ayudándonos a prever futuros daños, tales como: generación de gastos por el deterioro prematuro del lubricante, bajo rendimiento de los motores disminuyendo su eficiencia en el trabajo realizado y acortamientos de la vida útil de los elementos del motor.

En virtud de ello es necesario tener un conocimiento adecuado de cómo se presenta al momento de adquirirlo, cómo se controla al tener presencia de polución y también es importante conocer cómo actúa esta contaminación sobre los elementos del motor, poder minimizar los daños y poder diagnosticarlo de forma adecuada los resultados.

### 3.1.1. PARÁMETROS A ANALIZAR

El lubricante tiene que tener parámetros físico-químicos esenciales para cuidar al motor, estos son: Una cantidad máximo 20% de aditivos, un numero base (TBN), también la Viscosidad adecuada y un nivel de detergencia. Variando el nivel de aditivos y de detergentes según el uso que se le va a dar, esto lo decide el fabricante. Los parámetros a analizar los podemos visualizar en la tabla 3.1 estos parámetros varían de acuerdo al laboratorio de igual manera la unidad de medida.

*Tabla 3.1 Parámetros del análisis de aceite del laboratorio.*

*Fuente: Autor*

PARAMETROS A ANALIZAR	UNIDA DE MEDIDA
Viscosidad	cSt
Agua por crepitación	-----
Cromo (Cr)	ppm
Níquel (Ni)	ppm
Cobre (Cu)	ppm
Estaño (Sn)	ppm
Aluminio (Al)	ppm
Plomo (Pb)	ppm
Hierro (Fe)	ppm
Silicio (Si)	ppm
Numero básico o TBN	$\frac{mgKOH}{g}$
Apariencia	-----

También hay que tener en consideración dos medidas estas son la oxidación y nitración los cuales pertenecen a los parámetros indicativos de la degradación del lubricante, que nos ayudan a señalar el envejecimiento propio del aceite. Estos parámetros indicativos los comparamos con los limites condensorios establecidos por la compañía que fabrica el aceite y también por la Normativa SAE J300.

Siempre el fabricante del motor recomienda el tipo del lubricante a utilizar, no hay nadie mejor que el para conocer las prestaciones y necesidades que tiene el motor. El tipo de lubricante se recomienda según el diseño del motor, sus características y su uso. La calidad del lubricante solicitada para el motor puede decidirse por criterios propios del fabricante o normas especificadas por las organizaciones internacionales aceptadas como la API o ACEA. (Tormos Martínez, 2005)

### 3.1.2. NORMAS

Las normativa y métodos explicadas a continuación se utilizaron en el análisis de aceite, cumpliendo con reglas internaciones y obteniendo resultados correctos.

**Norma Sae J300:** Esta norma define un grado de viscosidad para cada lubricante de acuerdo a su viscosidad cinemática a 100°C y midiendo su capacidad en arranque en frio.

**ASTM D6595:** Método de prueba estándar para la determinar la presencia de partículas contaminantes y para detectar metales de desgaste en los lubricantes usados mediante espectrometría de emisión atómica de electrodos de disco giratorio. Teniendo la capacidad de detectar elementos de desgaste como partículas de hasta 10 m de tamaño.(AENOR, 2020)

**ASTM D2896:** Este método de ensayo se aplica para evaluar el TBN o número básico de aceites lubricantes, es aplicable para aceites nuevos como usados siendo considerado uno de lo más preciso.

El método de ensayo consiste en determinar los constituyentes básicos por titulación con ácido perclórico en ácido acético glacial. Posee dos procedimientos que utilizan dos tamaños y volúmenes diferentes.(Martins, 2018)

**ASTM 1500:** Este método de prueba abarca la determinación visual del color de todo producto que haya sido derivados del petróleo, entre estos está el lubricante, aceites de calefacción, fuelóleos diésel y ceras de petróleo

El color del lubricante se lo implementa únicamente con fines de control de fabricación y es una característica de calidad. Para cada producto derivado del petróleo se implementa lo mismo. Ayudando al usuario a identificar el deterioro del lubricante gracias al color y también servir para indicar del grado de refinamiento del material.(ASTM, 2017)

### 3.2. VISCOSIDAD

La viscosidad en términos generales es la resistencia de un fluido a fluir. Su nivel de calidad y grado depende del fabricante. Como ya se había mencionado anteriormente no hay nadie mejor que conozco al motor que el propio fabricante el cual decide el nivel de calidad, en base a especificaciones propias del motor y normas especificadas por las organizaciones internacionales aceptadas como la API o ACEA.



El grado de viscosidad del aceite lo determina el usuario según la utilidad que se lo vaya a dar, hay que tener en cuenta que existe productos admitidos y homologados por el fabricante. La temperatura ambiente de trabajo también interviene al momento de elegir su grado de viscosidad, ya que debe trabajar con total normalidad al momento del arranque y no debe tener problemas al ser bombeado.

El aceite utilizado por la compañía BRACAZUA S.A es el Sae 15w-40 Synblep Figura 3.1. Este lubricante tiene un grado de viscosidad SAE 15W-40. El grado 15W nos permite trabajar a una temperatura mínima de 7000 cP y a una temperatura máxima de 12.5 a 16.3 cSt. Con una calidad de mezcla sintética



*Figura 3.1 Aceite SAE 15w-40*

*Fuente: (Chevron Lubricants, 2019)*

### **3.2.1. EFECTOS EN LA VISCOSIDAD**

La degradación de la viscosidad se produce de manera normal cuando el motor está en óptimas condiciones de funcionamiento, pero cuando el motor se encuentra con fallas se puede ir monitoreando con el fin de detectar las fallas en el motor. En la tabla 3.2 podemos observar causas para que se produzca una variación en la viscosidad del lubricante.



Tabla 3.2 Causas para la variación de la viscosidad en los aceites usados.

Fuente: (Tormos Martínez, 2005)

Descenso de viscosidad		Aumento de viscosidad
Cambios en la estructura del lubricante	-Ruptura de las moléculas -Degradación de los aditivos del lubricante	-Oxidación del lubricante -Evaporación del lubricante -Formación de lodos y lacas
Contaminación	-Por el combustible -Posible mezcla de aceite (viscosidad inferior) - Presencia de disolventes	- Agua (emulsiones) - Insolubles - Materia carbonosa

La correcta elección del grado de viscosidad del lubricante nos ayuda prevenir futuros problemas, cabe resaltar que cada fabricante de vehículos recomienda el lubricante correcto. Una mala elección de la viscosidad puede generar problemas al sistema lubricado genérico estos los podemos visualizar en la tabla 3.3:

Tabla 3.3 Efectos de tener una Viscosidad excesivamente alta o baja

Fuente: (Tormos Martínez, 2005)

Viscosidad Excesivamente Alto	Viscosidad Excesivamente Bajo
<b>Se genera un mayor calor, también existe oxidación del aceite y creación de lodos.</b>	Poca película de aceite en las superficies, mayor fricción, por tanto, excesivo desgaste y también lubricación límite.
<b>Las zonas de lubricación tienen un flujo inadecuado entre estas zonas están: rodamientos, cojinetes, etc.</b>	Mayor fricción mecánica, generando pérdida de energía, creación de mayor calor y oxidación.
<b>Batido del aceite en cojinetes.</b>	Presencia de fugas internas e Incremento de la sensibilidad del sistema a la contaminación por partículas.
<b>Existe un mayor consumo de energía por ende se generan pérdidas.</b>	La película lubricante falla cuando se genera altas temperaturas, baja velocidad y alta carga
<b>La presencia de baja temperatura provoca un bombeabilidad inadecuada</b>	
<b>Se produce la Cavitación.</b>	

La viscosidad es una propiedad primordial de monitoreo en todo sistema de lubricación, considerado un parámetro de salud del motor.

### 3.3. TBN

El TBN es la reserva alcalina o básica que tienen los lubricantes, ayudando a neutralizar los ácidos generados en la combustión y también a los producidos en la oxidación del aceite a causa de las altas temperaturas.

Es lógico pensar que la reserva alcalina del lubricante deberá ser mayor cuando mayor porcentaje de azufre contenga el combustible, ya que con ello la cantidad de compuestos ácidos formados será mayor. A continuación, en la tabla 3.4 se muestran las causas de un bajo TBN y un alto TBN

*Tabla 3.4 Causas de bajo y altos Tbn*

*Fuente: (Chevron, 2003)*

Causas de un TBN bajo	Efectos de un bajo TBN
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Calidad del combustible</b></li><li>• <b>Blow-by anormal</b></li><li>• <b>Uso del lubricante incorrecto</b></li><li>• <b>Intervalos de cambio sobre extendidos</b></li><li>• <b>Sobre calentamiento</b></li><li>• <b>Nitración/incremento en la concentración</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Corrosión</li><li>• Altos niveles de ácidos</li><li>• Desgaste de otros aditivos</li><li>• Reducción en la vida útil.</li><li>• Operación inapropiada</li><li>• Incremento en gastos de reparación</li></ul>

Acciones a realizar:

- Corregir la temperatura de operación.
- Chequear el combustible.
- Usar el lubricante correcto.
- Chequear el TBN del aceite a prioridad.
- Reemplazar/ reparar partes defectuosas o dañadas del motor.
- Acortar los intervalos de cambio.

### 3.4. LIMITES CONDENATORIOS

Al momento que analizamos el aceite usado, se debe tener en cuenta varias fuentes que nos ayuden a identificar los límites ideales para cada variable que se obtiene en el análisis. (Widman, 2019)

Las empresas fabricantes de los aceites publican sus propios límites que indica una situación normal, intermedia y crítica, de igual manera hay una normativa que indica los valores críticos de cada aceite. La comparación entre estos valores nos permitirá obtener rangos ideales o límites críticos adecuados que aplicaremos para nuestro análisis.




Mediante la extracción de muestras de aceite verificaremos el estado de salud del vehículo, analizando el nivel de contaminación con partículas sólidas y líquidas. De esta manera se efectuará una comparativa entre los resultados obtenidos del análisis de aceite y los límites condenatorios con el objetivo de plantear un mantenimiento adecuado al motor.

Los límites de condenatorios de las partículas metálicas (ppm) pueden variar dependiendo de varios eventos, entre estos tenemos: consumo de aceite, el volumen de aceite cuando se toma la muestra, consumo de combustible, condiciones de funcionamiento, tiempo/kilometraje desde el último cambio de aceite.

Se presenta a continuación la tabla 3.5 de límites condenatorios, en la cual se establecen los parámetros de comparación de degradación del lubricante además como sus respectivas tolerancias. Estos límites están regidos por la marca fabricante del aceite.

*Tabla 3.5 Límites condenatorios de la compañía CHEVRON.*

*Fuente: (Chevron, 2003)*

Ursa serie			
<b>Viscosidad 100 °C incremento, %</b>	0-15	15-20	>20
<b>Viscosidad 100 °C decremento, %</b>	0-15	15-20	>20
<b>Hollín, %</b>	0-1.5	1.5-3.0	>3.0
<b>Agua, %</b>	No	<0.2	>0.2
<b>Glicol</b>	Negativo		Positivo
<b>Materiales de desgaste, ppm, Astm D 6595</b>			
<b>Hierro, Fe</b>	<75	75-100	>100
<b>Cobre, Cu</b>	<30	30-50	>50
<b>Plomo, Pb</b>	<30	30-50	>50
<b>Aluminio, Al</b>	<20	20-40	>40
<b>Cromo, Cr</b>	<15	15-30	>30
<b>Estaño, Sn</b>	<20	20-40	>40
<b>Silicio, Si</b>	< 25	25-40	>40

Para comenzar el proceso de análisis se debe tener en cuenta los valores base de cada parámetro del aceite Delo chevron SAW 15W-40. Estos valores pueden encontrarse variaciones menores.

*Tabla 3.6 Propiedades del aceite Sae 15w-40.*




*Fuente: (Synblnd, 2018)*

<b>GRADO SAE</b>	<b>15W40</b>
<b>Numero de producto</b>	278017
<b>Numero SOS</b>	
<b>EE. UU</b>	43380
<b>México</b>	43382
<b>Densidad a 15 °C, K/L</b>	0.873
<b>Viscosidad Cinemática</b>	
<b>mm<sup>2</sup>/s a 40°C</b>	111
<b>mm<sup>2</sup>/s a 100°C</b>	14.9
<b>Viscosidad, Arranque en Frio, °C/mPa.S</b>	-20/5200
<b>Viscosidad, MVR, °C/mPa.S</b>	-25/16,600
<b>Viscosidad, HTHS, mPa.S</b>	4.2
<b>Índice de viscosidad</b>	140
<b>Punto de Inflamación, °C(°F)</b>	228(442)
<b>Punto de Escurrimiento °C(°F)</b>	-39(-38)
<b>Ceniza sulfatada, masa %</b>	1,0
<b>Numero Base, mgKOH/g, ASTM D2896</b>	10.7
<b>Fosforo, masa %</b>	0.076
<b>Azufre, masa %</b>	0.277
<b>Zinc, masa %</b>	0.083

Limites condenatorios establecidos por el laboratorio Swiss oíl están ya sujetos a la norma SAE J300 y los límites de chevron.

*Tabla 3.7 Limites condenatorios del laboratorio Swiss oíl.*

*Fuente: (Swissoil, 2019)*

PARAMETROS A ANALIZAR	UNIDA DE MEDIDA	Rango evaluación		
				
Viscosidad	cSt	11.92-17.88	11.92 – 11.92 17.88-17.88	$\leq 11.91$ y $\geq 17.89$
Agua por crepitación	-----			
Cromo (Cr)	ppm	$\leq 30$	[30-30]	$\geq 31$
Níquel (Ni)	ppm			
Cobre (Cu)	ppm	$\leq 50$	[50-50]	$\geq 51$
Estaño (Sn)	ppm			
Aluminio (Al)	ppm	$\leq 40$	[40-40]	$\geq 41$
Plomo (Pb)	ppm	$\leq 50$	[50-50]	$\geq 51$
Hierro (Fe)	ppm	$\leq 100$	[100-100]	$\geq 101$
Silicio (Si)	ppm	$\leq 40$	[40-40]	$\geq 41$
Numero básico o TBN	$\frac{mgKOH}{g}$	$\geq 5.35$	[5.35-5.35]	$\leq 5.34$
Apariencia	-----			

### 3.5. TAMAÑO DE LA MUESTRA

La compañía BRACAZUA S.A cuenta con un total de 15 unidades en operación, con 8 volquetas, 4 retroexcavadoras y 3 tracto camiones. Para el monitoreo y análisis del aceite usado lo realizaremos en un tracto camión, determinando la degradación de la Viscosidad y Tbn.

La cantidad de muestras a ser analizadas está en función del kilometraje recorrido. Para un tracto camión el cambio de aceite se lo realiza cada 8000km teniendo una frecuencia de 1 cambio mensual y como resultado anual de 15 cambios por unidad. Para la toma de muestras se planteó tomar 1 muestra cada 1000km desde el cambio de aceite. Cabe resaltar que se realizó la toma de una muestra antes del cambio, con el objetivo de saber el estado actual del tracto camión sin mantenimiento. Teniendo un total de 13 muestras en 3 meses.

Tabla 3.8 Numero de muestras respecto al kilometraje recorrido.

Fuente: Autor

Numero de muestras	Kilómetros recorridos
1ra muestra de aceite	8000Km
2da muestra de aceite	1146 Km

<b>3ra muestra de aceite</b>	2146 Km
<b>4ta muestra de aceite</b>	3130 Km
<b>5ta muestra de aceite</b>	4344 Km
<b>6ta muestra de aceite</b>	5211 Km
<b>7ma muestra de aceite</b>	6153 Km
<b>8va muestra de aceite</b>	7148 Km
<b>9na muestra de aceite</b>	8346 Km
<b>10ma muestra de aceite</b>	9400 Km
<b>11va muestra de aceite</b>	10535 Km
<b>12va muestra de aceite</b>	11535 Km
<b>13va muestra de aceite</b>	12434 Km

### 3.6. ANALISIS A LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Los resultados de los análisis de aceite nos permitirán predecir fallas en el motor, identificar el estado actual del mismo y también en qué condiciones se encuentra el aceite, proviniendo daños permanentes.

El objetivo de estos análisis es: alargar la vida útil del motor, aumentar la eficiencia del equipo, reducir costos de mantenimiento, disminuir paradas innecesarias y la elección correcta del lubricante.

Esta información se obtiene mediante la relación de la viscosidad con la temperatura, el contenido de aditivos, el nivel de desgaste de las superficies metálicas.

La compañía BRACAZUA S.A. realizó el cambio de aceite de sus unidades a los 8000Km. Sin realizar un mantenimiento adecuado, este solo constaba de cambiar el aceite, los filtros del aceite y un sopleteo a los filtros de aire. Con el objetivo de saber el estado de las propiedades del lubricante se tomó una muestra de aceite a los 8546 Km antes de realizar el afinamiento del motor. En la tabla 3.9 podemos observar los resultados del análisis, estos valores nos permitirán realizar comparaciones con los resultados próximos a obtener.

*Tabla 3.9 Resultados del análisis a los 8546Km.  
Fuente: Autor*

TEST	Resultados
<b>Viscosidad</b>	13.5 cSt

<b>Agua por crepitación</b>	Negativo
<b>Cromo (Cr)</b>	1.0000 ppm
<b>Níquel (Ni)</b>	0.0000 ppm
<b>Cobre (Cu)</b>	2.0000 ppm
<b>Estaño (Sn)</b>	0.0000 ppm
<b>Aluminio (Al)</b>	3.0000 ppm
<b>Plomo (Pb)</b>	1.0000 ppm
<b>Hierro (Fe)</b>	10.0000 ppm
<b>Silicio (Si)</b>	4. 0000 ppm
<b>Numero básico o TBN</b>	8.7200 $\frac{mgKOH}{g}$
<b>Apariencia</b>	Negro

Un análisis de aceite usado se divide en 3 partes:

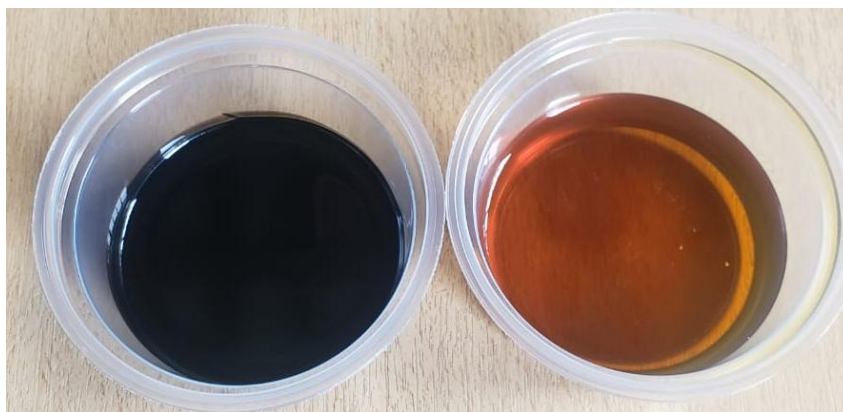
- Rutina
- Tbn
- Metales

### 3.7. RUTINA

Se considera rutina al análisis de la viscosidad, agua por crepitación y apariencia estos tres parámetros son los primeros a ser analizados en los resultados del laboratorio.

#### 3.7.1.APARIENCIA

Existe un método de ensayo que se realiza a productos derivados de petróleo para determinar su color es el ASTM 1500 definiendo una escala de 0.5 a 7.5 para obtener el color más claro y 0 a 8 para colores el oscuro. Siendo de gran importancia al momento de comprar un lubricante ya que es un indicativo de un mejor o peor grado de refinamiento.



*Figura 3.2 Diferenciación del lubricante Delo 400XLE 15w40 usado y un nuevo.*

*Fuente: Autor*

Al realizar el cambio de aceite se pudo apreciar la apariencia del lubricante ya usado y de la nueva figura 3.2, teniendo una coloración marrón el nuevo y una coloración oscura el aceite usado. Hay que considerar, el momento que ingresa el nuevo aceite al motor su función principal es limpiar todas las impurezas, que el anterior lubricante ya no podía limpiar con total facilidad. Como resultado el lubricante cambia de color mientras más negro es mejor ya que es producto por la limpieza que realiza en todo el motor. Si el vehículo estuviera en 10.000 Km y el aceite se encontrará de color café es malo ya que recorrió un buen tiempo y no limpia. Las razones por las cuales se podría dar este caso son:

- Se equivoco en el kilometraje.
- El aceite es malo puede ser el aceite de pipa, bajo aditivo do.
- El aceite que está utilizando no corresponde al motor
- Puede que el chofer del camión no esté poniendo el aceite entregado por la compañía y coloca otro lucrando directamente a la compañía.

*Tabla 3.10 Apariencia del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 según el Kilometraje recorrido.*

*Fuente: Autor.*

Numero de muestras	Kilómetros recorridos	Resultado
<b>1ra muestra de aceite</b>	8000Km	Negro
<b>2da muestra de aceite</b>	1146 Km	Negro
<b>3ra muestra de aceite</b>	2146 Km	Negro
<b>4ta muestra de aceite</b>	3130 Km	Negro
<b>5ta muestra de aceite</b>	4344 Km	Negro
<b>6ta muestra de aceite</b>	5211 Km	Negro
<b>7ma muestra de aceite</b>	6153 Km	Negro
<b>8va muestra de aceite</b>	7148 Km	Negro
<b>9na muestra de aceite</b>	8346 Km	Negro
<b>10ma muestra de aceite</b>	9400 Km	Negro
<b>11va muestra de aceite</b>	10535 Km	Negro
<b>12va muestra de aceite</b>	11535 Km	Negro



13va muestra de aceite	12434 Km	Negro
------------------------	----------	-------

En la tabla 3.10 podremos apreciar los resultados de apariencia del lubricante Delo 400XLE 15w40. Todos nos marca una coloración negra desde los 1146Km de haberse realizado el cambio, cumpliendo con su función limpiar y lubricar. La apariencia del lubricante no cambio luego de que se alargara la vida útil del lubricante en un 50%.

La visualización del lubricante es de fácil acceso, ya que podemos observar desde que se retira la regleta para medir el nivel de aceite. Aportando valiosa información al instante, de esta manera prevenimos problemas como la mezcla de agua con aceite producto de fugas de empaque o partículas metálicas de un desgaste brusco.

### 3.7.2.AGUA POR CREPITACION

La contaminación de agua en el aceite dependiendo del porcentaje puede causar daños en el motor como también al aceite. La presencia de humedad en el Carter del vehículo se puede dar por una limpieza de equipos y motores, la rotura de retenes, empaques, sellos deteriorados y por las condiciones de trabajo donde la humedad se condensa al cruzar ríos o estar expuestos a la lluvia.

El análisis de agua por crepitación consiste en colocar dos gotas de aceite de la muestra y someterla a una temperatura que sobrepase el punto de ebullición, con el objetivo de que el agua contenida en la gota se libere produciendo burbujas y sonidos. El proceso de crepitación se realiza de la siguiente manera:


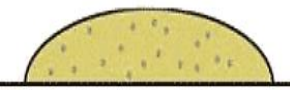
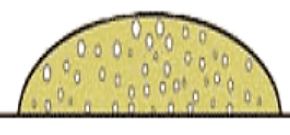
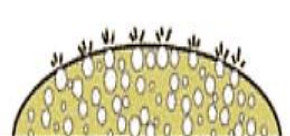
La plancha es calentada a 160°C (320°F) y se ponen dos gotas de aceite en la superficie. La temperatura se recomienda que no sobrepase los 160°C ya que se puede evaporar inmediatamente.

Después de unos segundos observamos y analizamos según lo establecido en tabla 3.11

*Tabla 3.11 Proceso de agua por crepitación.*

*Fuente.(Widman, 2017)*

OBSERVACIÓN	ILUSTRACIÓN	CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA
-------------	-------------	-----------------------------

No hay cambio visible o audible.		No hay agua ni emulsificada
Se produce burbujas de aproximadamente 0.5mm y desaparecen rápidamente.		0.05-0.1% 500-1000ppm
Se producen burbujas de aproximadamente 2 mm juntas en el centro que crecen a 4 mm desaparecen rápidamente.		0.1-0.2% 1000-2000ppm
Se producen burbujas de 2 a 3 mm creciendo a 4 mm el proceso se repite, posible burbujeo violento y crepitación audible.		0.2 y mas >2000 ppm

La compañía BRACAZUA S.A nos indicó que los casos más comunes sufridos por ellos han sido el soplado del empaque del cabezote. Significa a que el aceite se contamine con agua este es un daño catastrófico en el motor ya que altera su viscosidad aumentándola y perdiendo fuerza en la película, provocando contacto entre las superficies metálicas.

Los resultados de las muestras los podemos observar en la tabla 3.12 indicándonos que luego de realizar el análisis de crepitación en el lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 todas las muestras son **NEGATIVAS** de presencia de agua. Esto se debe a un adecuado mantenimiento preventivo de la maquinara permitiendo trabajar con total tranquilidad los 12.000 km.

*Tabla 3.12 Resultado de presencia de agua del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 según el Kilometraje recorrido.*

*Fuente: Autor*

Numero de muestras	Kilómetros recorridos	Resultado
1ra muestra de aceite	8000Km	Negativo
2da muestra de aceite	1146 Km	Negativo
3ra muestra de aceite	2146 Km	Negativo
4ta muestra de aceite	3130 Km	Negativo
5ta muestra de aceite	4344 Km	Negativo
6ta muestra de aceite	5211 Km	Negativo
7ma muestra de aceite	6153 Km	Negativo
8va muestra de aceite	7148 Km	Negativo

<b>9na muestra de aceite</b>	8346 Km	Negativo
<b>10ma muestra de aceite</b>	9400 Km	Negativo
<b>11va muestra de aceite</b>	10535 Km	Negativo
<b>12va muestra de aceite</b>	11535 Km	Negativo
<b>13va muestra de aceite</b>	12434 Km	Negativo

En el caso de tener presencia de 1% de agua, en el aceite provoca que la vida de los cojinetes se acorte en un 90% y los rodamientos acortándoles aún más.

### 3.7.3.VISCOSIDAD

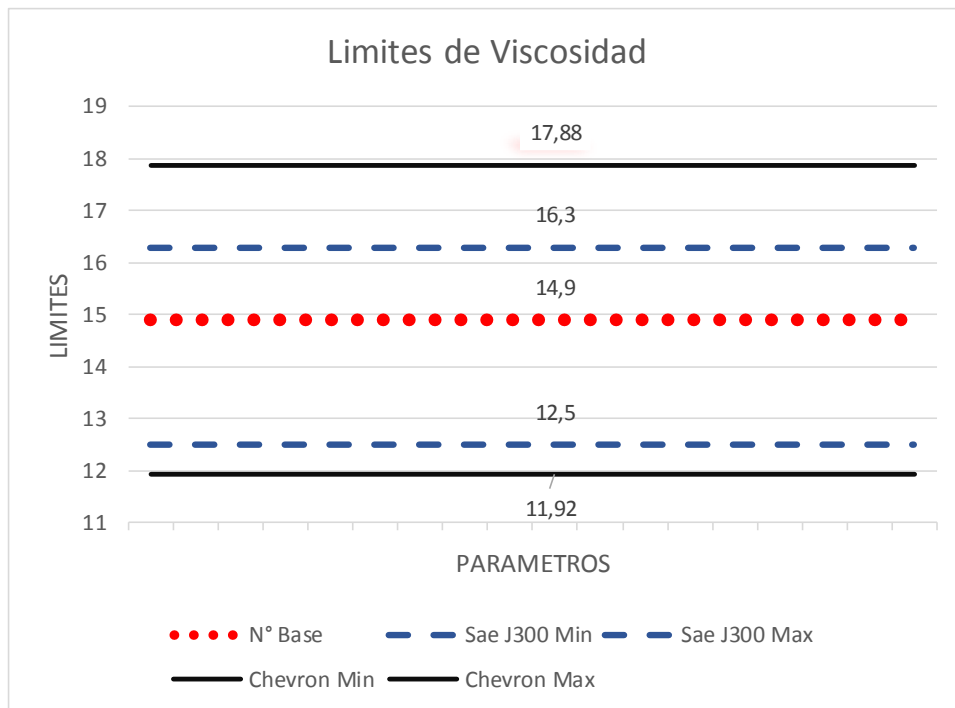
Este estudio tiene como objetivo el análisis detallado de esta propiedad por tratarse de una de las más importante al momento de realizar un monitoreo. La degradación de la viscosidad se puede dar por varias causas como: altas temperaturas, gran variedad de contaminantes del aceite, agua, moléculas de oxígeno, combustible y por el mismo uso.

Para comenzar el análisis revisamos tabla 3.6 esta perteneces a la hoja técnica del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 donde especifica sus parámetros base. Permitiendo comenzar con las comparaciones en la tabla 3.13 de la Viscosidad Cinemática.

*Tabla 3.13 Comparación de límites de viscosidad.*

*Fuente: Autor*

Delo 400XLE SAE15W-40		
Valor Base	Sae J300 (cst) 100°C	Límites chevron(cst) 100°C
<b>14.9 mm<sup>2</sup>/s a 100°C</b>	12.5 - <16.3	11.92-17.88



*Figura 3.3 Comparación de los límites de Viscosidad.*

*Fuente: Autor*

Los límites condenatorios varían dependiendo del fabricante, pero se tiene como norma base la Sae J300, en la figura 3.3 podemos observar la diferencia que existe en la norma y los límites de la compañía Chevron. Existiendo una diferencia de 0.58 cSt para una viscosidad mínima y para una viscosidad máxima de 1.58 cSt. En el caso de tener una viscosidad baja provocaría desgaste y un aumento de consumo de lubricante. Pero si tengo una viscosidad alta causaría sonidos raros, desgaste en elementos mecánicos, mayor consumo de combustible y calentamientos excesivos.

Para el análisis vamos a utilizar los límites condenatorios de la compañía Chevron la cual nos va permitir tener un rango de tolerancia con los valores del fabricante. El valor base de la viscosidad del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 es 14.9 cSt a 100 °C; el límite condenatorio para este tipo de aceite está definido en un mínimo o máximo de viscosidad de +/- 20% de los valores de fabricación. Los valores de viscosidad tienen que estar en el intervalo de 11.92 a 17.89 cSt a 100 °C para SAE 15W-40.

Los valores de viscosidad para cada recorrido del tracto camión se presenta en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 Valores de viscosidad en función del recorrido.

Fuente: Autor

N° Muestra	KILOMETROS	VISCOCIDAD (cSt) a 100°C	Lim Min	Lim Max	N° Base
	0	14,9	11,92	17,88	14,9
1	1146	14,03	11,92	17,88	14,9
2	2146	13,93	11,92	17,88	14,9
3	3130	13,91	11,92	17,88	14,9
4	4344	13,93	11,92	17,88	14,9
5	5211	13,84	11,92	17,88	14,9
6	6153	13,79	11,92	17,88	14,9
7	7148	13,56	11,92	17,88	14,9
8	8346	13,63	11,92	17,88	14,9
9	9400	13,58	11,92	17,88	14,9
10	10535	13,49	11,92	17,88	14,9
11	11535	13,51	11,92	17,88	14,9
12	12434	13,48	11,92	17,88	14,9

Las muestras de aceite se tomaron cada 1.000 Km de recorrido. Comparando con el valor de viscosidad de la tabla 3.9 a los 8.546 Km es de 13.5 cSt a 100 °C y el valor actual la viscosidad a los 8.346 Km es de 13.63 cSt a 100 °C podemos ver que en la figura 3.4 existe una degradación más lenta gracias a un adecuado mantenimiento de la maquinaria.

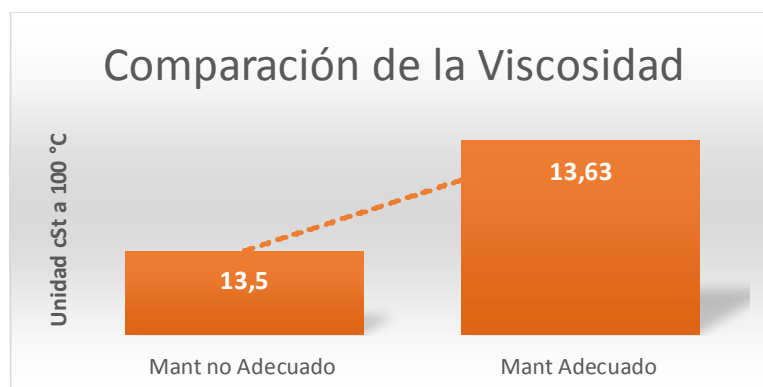


Figura 3.4 Comparativa de Viscosidad

Fuente: Autor.

Obteniendo una margen de diferencia de 0.13 cSt y se pudo recorrer un valor aproximado de 2.000 Km más para llegar a un valor de viscosidad de 13.49 cSt

Al graficar la tabla 3.14 obtenemos la variación de la viscosidad en función del kilometraje recorrido. Esto lo podemos apreciar en la figura 3.5.

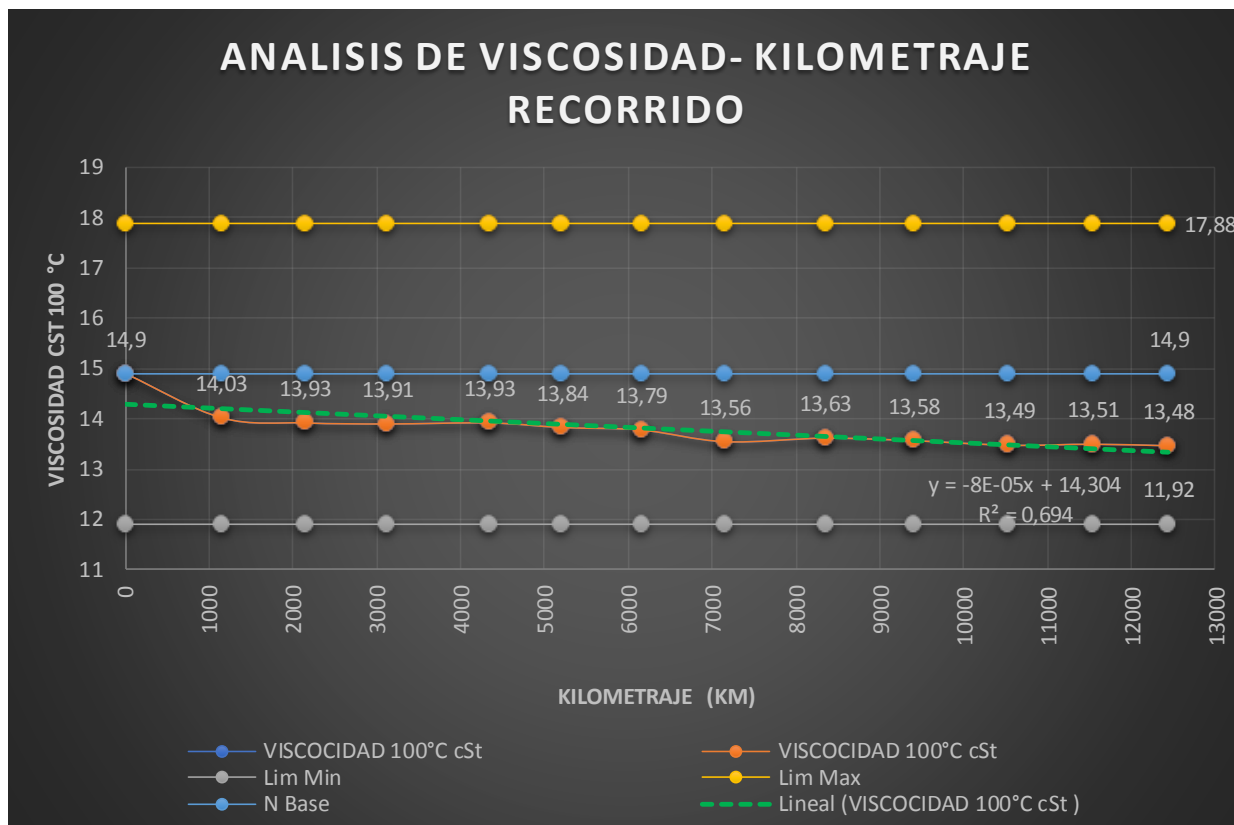


Figura 3.5 Comportamiento de la Viscosidad del aceite Delo 400XLE SAE15W-40

Fuente: Autor

Los valores de viscosidad están dentro del rango establecido por los límites condonatorios para lubricantes SAE15W-40. Se grafica también una línea de tendencia que predice la trayectoria de esta propiedad. El lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 con un correcto mantenimiento le permite obtener un recorrido hasta 12.434 Km y el porcentaje utilizado de viscosidad es -9.54%. El valor más bajo de viscosidad es de 13.48 cSt, si el valor fuera inferior a 11.92 cSt, podría ser por diversos factores entre estos están: contaminación, el lubricante no es el adecuado, dilución de aditivos y alta presencia de hollín en el motor.

### 3.8. TBN

El TBN o número total base es la cantidad de aditivos detergentes dispersantes que tiene el aceite. La elaboración de estudio tiene como objetivo el análisis detallado de esta propiedad por tratarse de las más importante al momento de extender el uso de un lubricante.

La degradación del Tbn se da por la neutralización de ácidos sulfúricos en el motor. Estos ácidos se producen por el alto contenido de azufre en el combustible Diesel. Afectando de dos formas al motor Diesel: El primero Produce contaminación ambiental por la emisión de SOx (óxidos sulfurosos); el segundo interviene negativamente en el motor provocando corrosión en sus partes y acidez en el lubricante.

“En el Ecuador existen tres tipos de combustibles para motores Diesel: El Diesel Premium tiene un nivel máximo de azufre de 0.05%, el Diesel 2 con un máximo contenido de azufre 0.70% y el Diesel 1 con un máximo de azufre 0.30%. El primero está destinado para el Distrito Metropolitano de Quito y Cuenca; el segundo es el más comercializado distribuyéndose a nivel nacional; mientras que el tercero es prácticamente de uso restringido para Industrias que lo requieran.” (LLORI, 2012)

El fabricante del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 estableció valores base para el TBN en la tabla 3.6, tenido un valor inicial de 10.7 mgKOH/g; el límite condensorio para este tipo de aceite está definido en una tolerancia del 50% del valor de fabricación. El valor del TBN tienen que ser mayor igual que 5.35 mgKOH/g, si el valor es inferior es indicativo de degradación motivo suficiente para la detención inmediata de la unidad y realización del cambio de aceite.

Los valores del TBN para cada recorrido del tracto camión se presenta en la tabla 3.15 estos valores se obtuvieron mediante el método de ensayo ASTM D2896.

*Tabla 3.15 Valores del TBN en función del recorrido*

*Fuente: Autor*

Nº Muestra	KILOMETROS	TBM (mgKOH/g)	TBN $\geq 5,35$	TBN Base
	0	10,7	5,35	10,7
<b>1</b>	1146	10,52	5,35	10,7
<b>2</b>	2146	10,25	5,35	10,7
<b>3</b>	3130	10,1	5,35	10,7
<b>4</b>	4344	9,75	5,35	10,7
<b>5</b>	5211	9,82	5,35	10,7

6	6153	9,82	5,35	10,7
7	7148	9,59	5,35	10,7
8	8346	9,3	5,35	10,7
9	9400	8,93	5,35	10,7
10	10535	8,82	5,35	10,7
11	11535	8,64	5,35	10,7
12	12434	6,73	5,35	10,7

Cada 1.000Km se fue realizando un análisis visual a los resultados de las muestras. Comparando con el valor del TBN de la tabla 3.9 a los 8.546 Km es de 8.72 ( $mgKOH/g$ ) y el valor actual del TBN a los 8.346 Km es de 9.3 ( $mgKOH/g$ ) podemos ver que en la figura 3.6 existe una degradación más lenta gracias a un adecuado mantenimiento de la maquinaria.

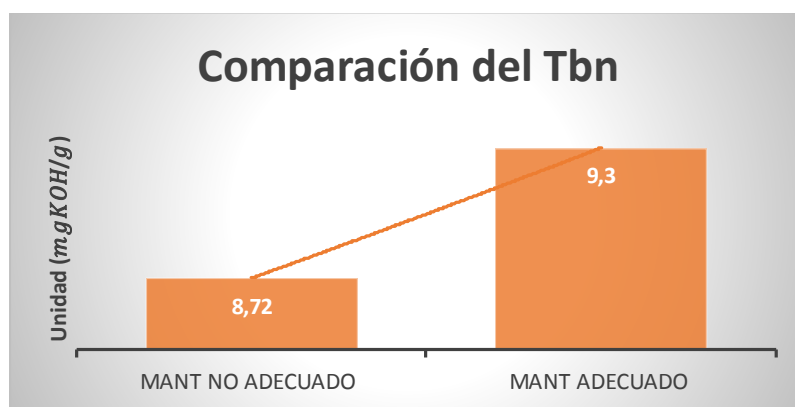


Figura 3.6 Comparativa del Tbn

Fuente: Autor

Obteniendo una margen de diferencia de 0.58  $mgKOH/g$  y se pudo recorrer un valor aproximado de 2.100 Km más para llegar a un valor del TBN de 8.82  $mgKOH/g$ .

Al graficar la tabla 3.15 obtenemos la variación del TBN en función del kilometraje recorrido por el tracto camión y esta variación también se aprecia en la figura 3.6.



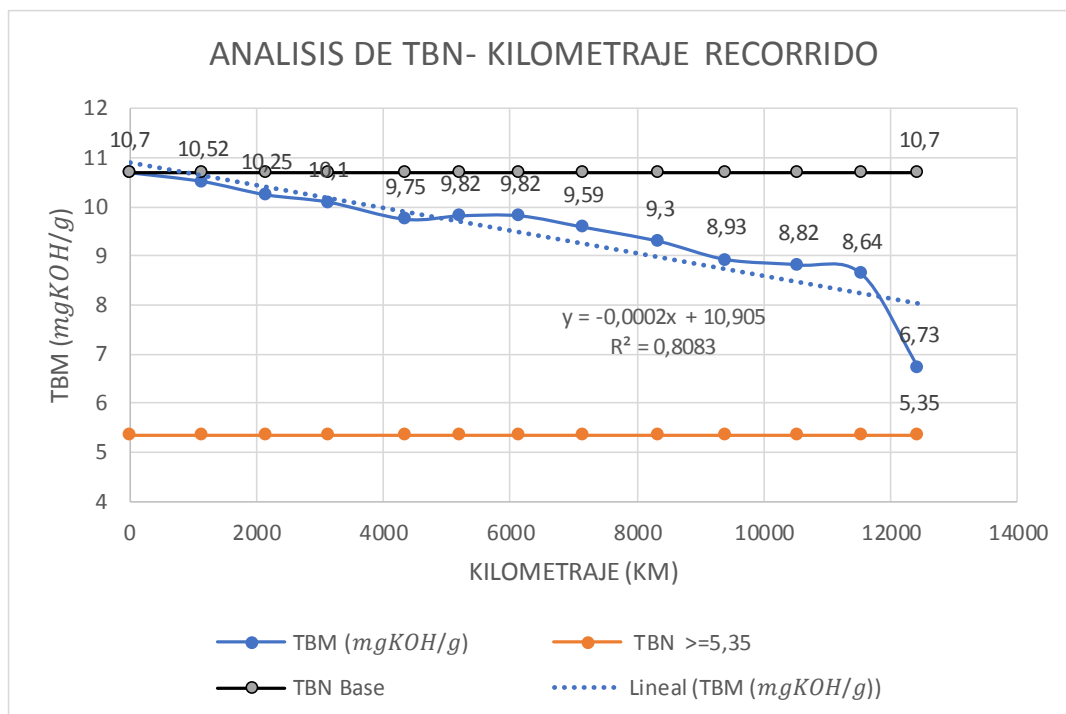


Figura 3.7 Comportamiento del TBN del aceite Delo 400XLE SAE15W-40

Fuente: Autor

En la figura 3.7 el comportamiento del TBN nos permitió decidir el momento correcto para el cambio de aceite. El ultimo valor del TBN es de 6.73  $mgKOH/g$  aproximándose en un 38% al valor límite del TBN. Los valores de TBN están dentro del rango establecido por los limites condenatorios para lubricantes SAE15W-40. Se grafica también una línea de tendencia que predice la trayectoria de esta propiedad. Esto nos permitió aprovechar al máximo el lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 debido a que alargamos el cambio en un 50% más obteniendo un recorrido de 12.434 Km. El valor más bajo del TBN es 6.73  $mgKOH/g$ , si el valor fuera inferior a 5.35  $mgKOH/g$ , podría ser por una mayor cantidad de azufre en el combustible.

Como se puede ver en la figura 3.7 los dos últimos análisis hubo una degradación precipitada. Hay dos razones, la primera porque se retiraba 125 ml de aceite en cada muestra perdiendo un total de 1.5 litros de aceite, esto significa que tiene una menor reserva alcalina de Hidróxido de Potasio para combatir los ácidos y la segunda por la cantidad de azufre presente en el combustible Diesel debido a que el Ecuador no cuenta con un proceso de refinamiento adecuado.

### 3.9. METALES

El análisis de aceite también nos permite investigar la posibilidad de existencia de partículas metálicas, mediante el método de ensayo ASTM 6595. “Analizando por espectrometría de emisión atómica de electrodos de disco giratorio. Teniendo la capacidad de detectar elementos de desgaste como partículas de hasta 10 m de tamaño”. (AENOR, 2020).

El actual artículo no tiene como objetivo el examen minucioso de la degradación de estas propiedades, sin embargo, debido a que los motores constantemente generan partículas durante su operación y estamos incrementando el uso del lubricante es necesario su análisis. Dependiendo el tamaño, tipo y concentración, nos informaran de los elementos que están sufriendo mayor desgaste. En la siguiente tabla 3.16 se detalla a que elemento del motor pertenece el metal de desgaste.

*Tabla 3.16 Relación entre metales de desgaste del aceite y elementos en falla del motor.*

*Fuente: (Buchelli Carpio & Garcia Granizo, 2015)*

Parametron de control	Elementos del motor
<b>Cromo (CR)</b>	Anillos de pistón, vástagos de válvulas.
<b>Níquel (Ni)</b>	Capa intermedia de los cojinetes de fricción, metales de balancines.
<b>Cobre (Cu)</b>	Cojinetes de biela y del cigüeñal, metales de biela, enfriador de aceite.
<b>Estaño (Sn)</b>	Capa superficial de metales de fricción.
<b>Aluminio (Al)</b>	Pistones, intercooler, suciedad.
<b>Plomo (Pb)</b>	Cojinetes de biela y del cigüeñal.
<b>Hierro (Fe)</b>	Cigüeñal, camisas, árbol de levas, taqués, guías de válvulas.
<b>Silicio (Si)</b>	Arena, polvo atmosférico.

#### 3.9.1.Cromo (Cr)

En la tabla 3.17 tenemos los datos obtenidos en el análisis de aceite usado en el tracto camión variando en función al kilometraje recorrido.

Tabla 3.17 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Cromo (Cr)

Fuente: Autor

Nº Muestra	KILOMETROS	Cromo (ppm)	Limite <=30 ppm
	0	0	30
1	1146	0	30
2	2146	0	30
3	3130	0	30
4	4344	0	30
5	5211	0	30
6	6153	1	30
7	7148	1	30
8	8346	2	30
9	9400	0	30
10	10535	1	30
11	11535	1	30
12	12434	1	30

El desgaste producido es muy bajo teniendo que la presencia de material particulado va desde 1 ppm a 2 ppm cuando el kilometraje recorrido está en 6.153 Km a hasta los 12.434 Km en el tracto camión. En la figura 3.8 podemos observar que los valores predominantes son 0 ppm y 1 ppm, estos valores no son indicativos de alerta ya que el límite condenatorio para esta propiedad es de 30 ppm.

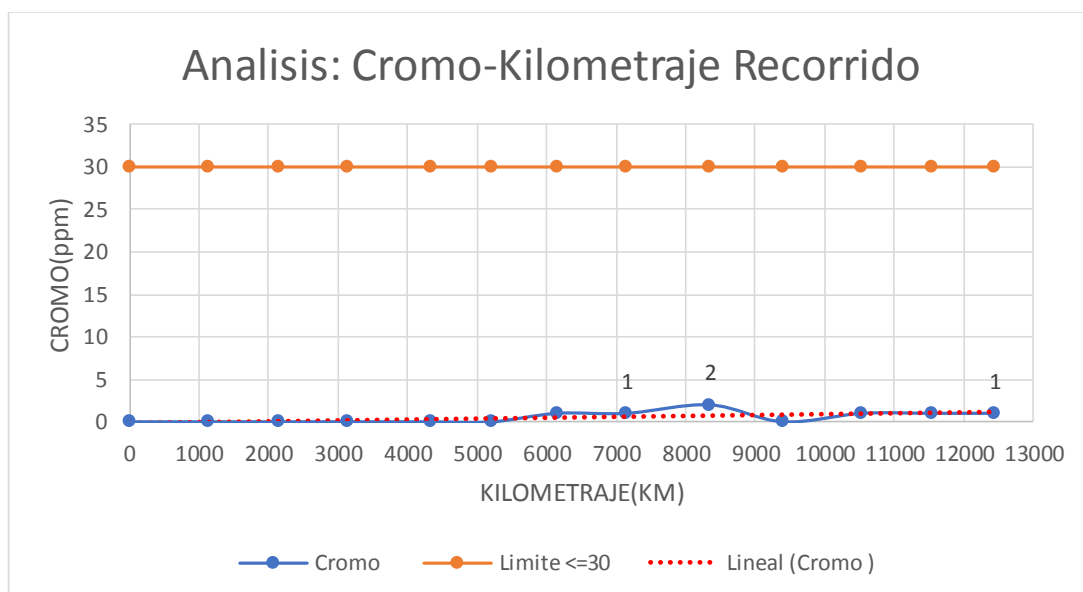


Figura 3.8 Comportamiento del Cromo del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente: Autor.

La presencia de cromo puede ser por varios factores entre el más común está el desgaste en los anillos del pistón ya que son elementos que están en constante contacto.

### 3.9.2. Níquel (Ni)

En la tabla 3.18 y la figura 3.9 podemos observar los resultados del análisis de aceite usado. La mayoría de los análisis tenemos 0 ppm y con una variación máxima de 1 ppm. Puede ser por desgaste mínimos en la capa intermedia de los cojinetes de fricción y metales de balancines.

Tabla 3.18 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Níquel (Ni)

Fuente: Autor

N° Muestra	KILOMETROS	Níquel (ppm)	Limite (ppm)
	0	0	10
1	1146	0	10
2	2146	0	10
3	3130	0	10
4	4344	1	10
5	5211	0	10
6	6153	0	10
7	7148	1	10
8	8346	1	10
9	9400	0	10
10	10535	0	10
11	11535	0	10
12	12434	1	10

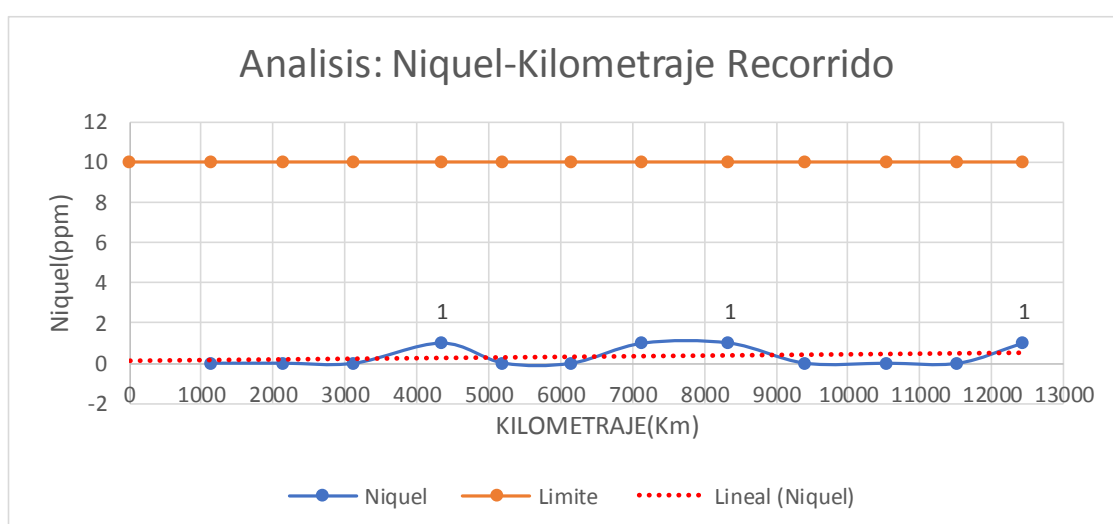


Figura 3.9 Comportamiento del Níquel del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente: Autor

### 3.9.3. Cobre (Cu)

En la tabla 3.19 podemos analizar los resultados obtenidos, apreciando una leve variación con un valor máximo de 2 ppm en un recorrido de 12.434 Km.

Tabla 3.19 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Cobre (Cu)

Fuente: Autor

N° Muestra	KILOMETROS	Cobre (ppm)	Limite <=50 (ppm)
	0	0	50
1	1146	0	50
2	2146	0	50
3	3130	1	50
4	4344	1	50
5	5211	1	50
6	6153	1	50
7	7148	1	50
8	8346	1	50
9	9400	1	50
10	10535	1	50
11	11535	1	50
12	12434	2	50

Estos valores no representan un nivel de alerta ya que el límite condenatorio es de 50 ppm. En la figura 3.10 podemos apreciar que el desgaste es mínimo en todo el recorrido. La presencia de cobre en el aceite puede ser por el desgaste en ciertos componentes como cojinetes de biela y del cigüeñal, metales de biela, enfriador de aceite.

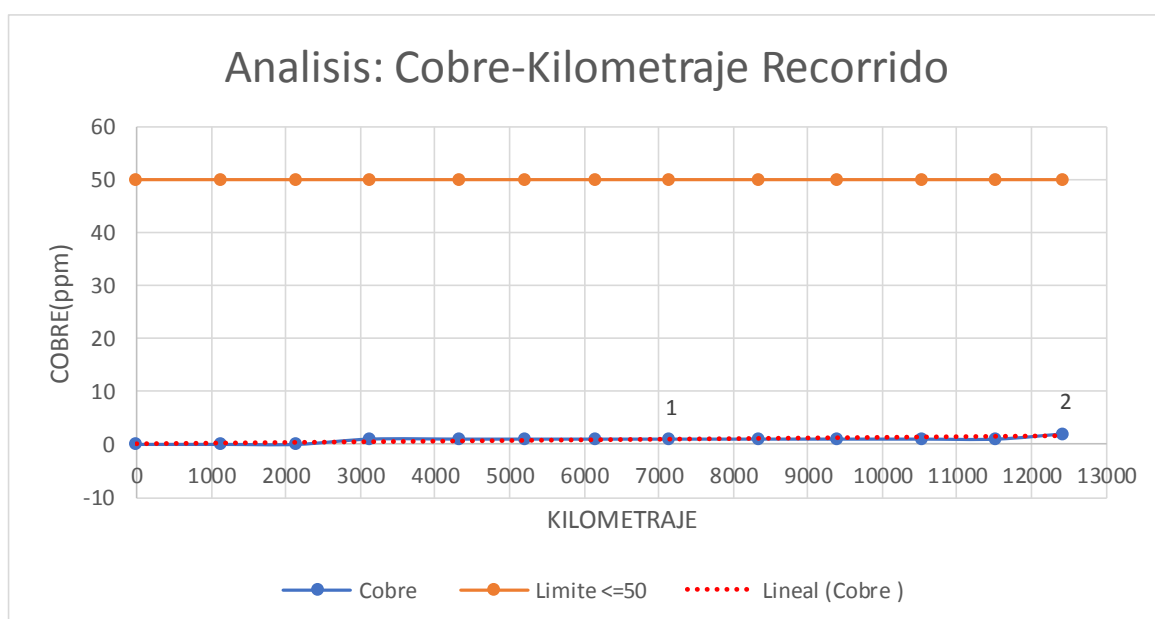


Figura 3.10 Comportamiento del Cobre del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente: Autor

### 3.9.4. Estaño (Sn)

Los datos obtenidos del análisis del aceite usado están en la tabla 3.20 y figura 3.11. Estos resultados demuestran que no existe presencia de estaño.

Tabla 3.20 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Estaño (Sn)

Fuente: Autor.

N° Muestra	KILOMETROS	Estaño (ppm)
	0	0
1	1146	0
2	2146	0
3	3130	0
4	4344	0
5	5211	0
6	6153	0
7	7148	0
8	8346	0
9	9400	0
10	10535	0
11	11535	0
12	12434	0

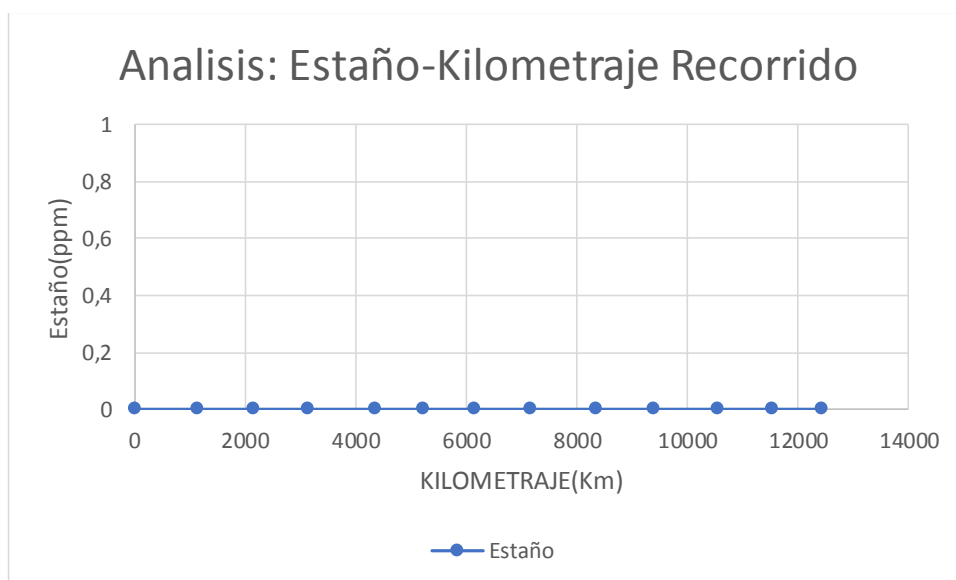


Figura 3.11 Comportamiento del Estaño del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente: Autor

### 3.9.5. Aluminio (Al)

En la tabla 3.21 podemos observar que los resultados del análisis de aceite Delo 400XLE SAE15W-40. Tiene niveles bajos en comparación al límite condensorio el cual es de 40 ppm con una variación ascendente y descendente en la cual el valor máximo es de 3 ppm a los 8.346 Km de recorrido.

Tabla 3.21 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Aluminio (Al)

Fuente: Autor

N° Muestra	KILOMETROS	Aluminio	Limite <=40
	0	0	40
1	1146	1	40
2	2146	1	40
3	3130	1	40
4	4344	1	40
5	5211	1	40
6	6153	1	40
7	7148	2	40
8	8346	3	40
9	9400	1	40
10	10535	2	40
11	11535	2	40
12	12434	2	40

En la figura 3.12 vemos que los valores crecen hasta 8.346 Km y al ir avanzando el nivel de aluminio baja hasta 1ppm y a estabilizarse desde los 10.535 Km en un valor de 2ppm. Teniendo un porcentaje de 7.5% de desgaste.

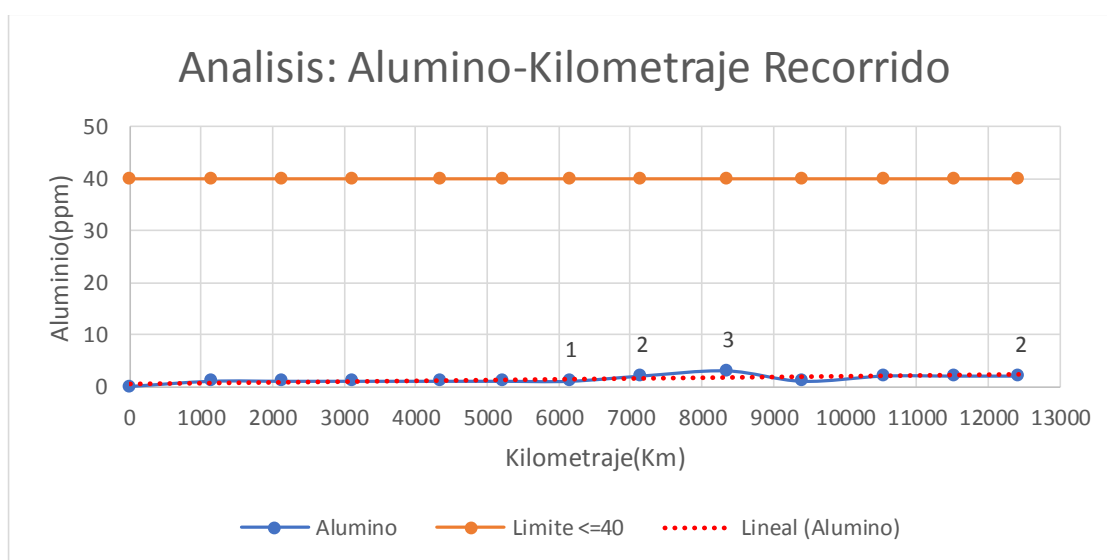


Figura 3.12 Comportamiento del Aluminio del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente: Autor

El leve desgaste de aluminio presente en la muestra de aceite puede ser por pistones, intercooler y suciedad.

### 3.9.6. Plomo (Pb)

En la tabla 3.22 y figura 3.13 están los datos del análisis de aceite utilizado, obteniendo niveles bajos de esta propiedad.

Tabla 3.22 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Plomo (Pb)

Fuente: Autor

N° Muestra	KILOMETROS	Plomo (ppm)	Limite <=50
	0	0	50
1	1146	0	50
2	2146	0	50
3	3130	0	50
4	4344	0	50
5	5211	0	50
6	6153	0	50
7	7148	0	50
8	8346	2	50
9	9400	0	50
10	10535	0	50
11	11535	0	50
12	12434	1	50

Comparando con los límites condonatorios para materiales de desgaste el valor de alerta es 50 ppm y el valor más alto registrado en los 12.434 Km recorridos es de 2ppm a los 8.346 Km. La presencia de plomo en el aceite puede ser por Cojinetes de biela y del cigüeñal.

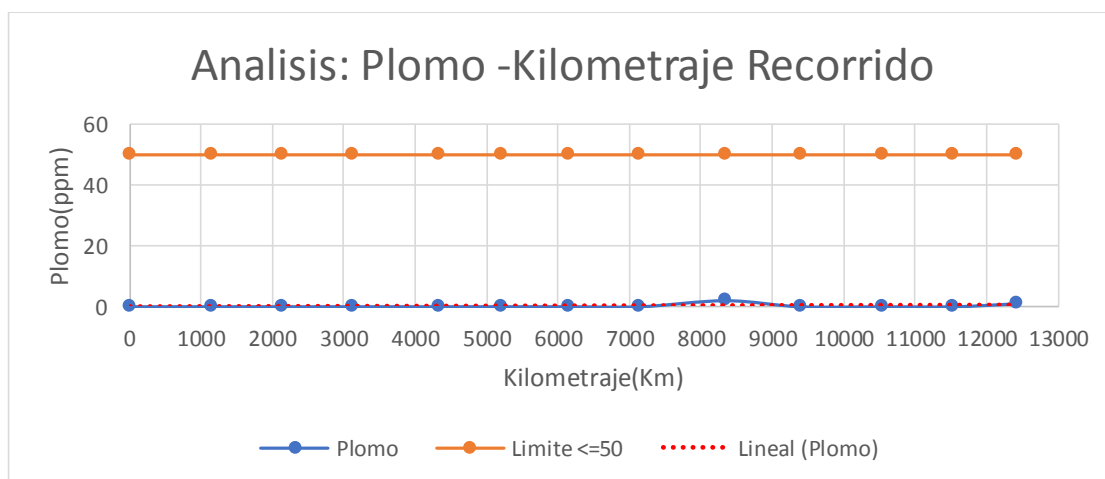


Figura 3.13 Comportamiento del Plomo del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente : Autor



### 3.9.7. Hierro (Fe)

Los datos del análisis realizado están en la tabla 3.23 observamos la variación de esta propiedad luego de recorrer 12.434 Km con tracto camión. El nivel de hierro en el lubricante fue aumentado en función al kilometraje recorrido.

Tabla 3.23 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Hierro (Fe).

Fuente: Autor

N° Muestra	KILOMETROS	Hierro (ppm)	Limite <=100
	0	0	100
1	1146	3	100
2	2146	4	100
3	3130	4	100
4	4344	4	100
5	5211	4	100
6	6153	5	100
7	7148	5	100
8	8346	5	100
9	9400	6	100
10	10535	9	100
11	11535	10	100
12	12434	11	100

Se observa en la figura 3.14 los datos de las muestras de aceite Delo 400XLE SAE15W-40 que, a los 1.146 Km, el valor de hierro es de 3 ppm y cuando llega a los 12.434 km es de 11 ppm. A pesar de ascender constantemente no representa un nivel de alerta debido a que el límite condenatorio es de 100 ppm.

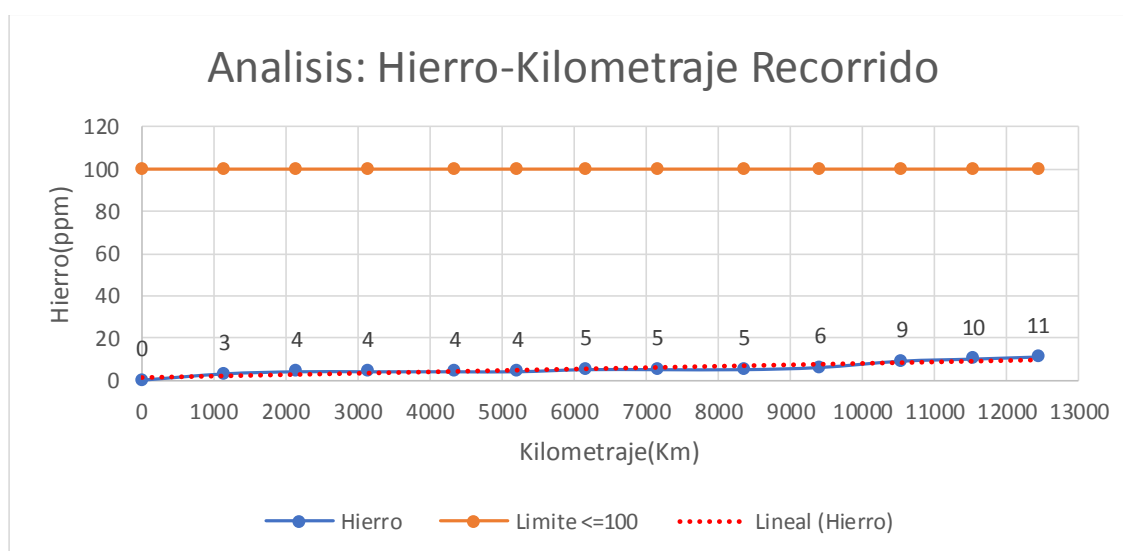


Figura 3.14 Comportamiento del Hierro del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.

Fuente: Autor

El hierro es una de las propiedades metálicas con mayor presencia en el lubricante. Esto se debe a que hay gran variedad de elementos que contienen este metal como son: Cigüeñal, camisas, árbol de levas, taqués y guías de válvulas.

### 3.9.8.Silicio (Si)

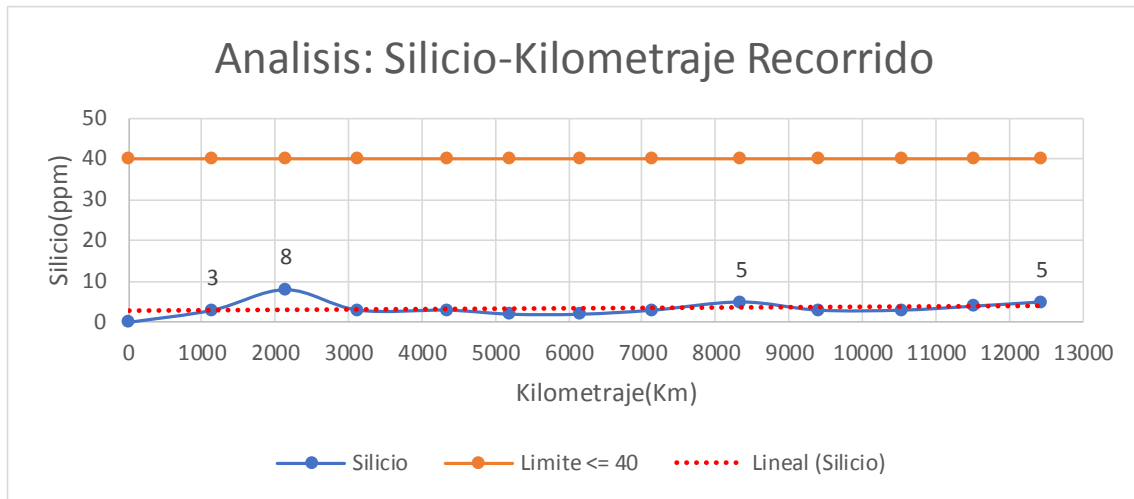
Los datos obtenidos en el tracto camión presentan ciertas particularidades a destacar, esto se puede ver en la tabla 3.24.

*Tabla 3.24 Datos del metal desgastado en función al recorrido: Silicio (Si)*

*Fuente: Autor*

Nº Muestra	Kilometros	Silicio (ppm)	Limite <= 40
	0	0	40
<b>1</b>	1146	3	40
<b>2</b>	2146	8	40
<b>3</b>	3130	3	40
<b>4</b>	4344	3	40
<b>5</b>	5211	2	40
<b>6</b>	6153	2	40
<b>7</b>	7148	3	40
<b>8</b>	8346	5	40
<b>9</b>	9400	3	40
<b>10</b>	10535	3	40
<b>11</b>	11535	4	40
<b>12</b>	12434	5	40

A los 1.146 Km obtuvimos un valor de 3 ppm creciendo de manera considerable a los 2.146 Km con un valor de 8 ppm estos resultados nos mantuvo alerta para comparar con los próximos resultados a obtener. Esto se aprecia en la figura 3.15 los valores de silicio bajaron considerablemente, claramente la única respuesta es que la muestra 2 se contaminó con polvo al extraerla debido a su alto grado de silicio en comparación con los demás resultados.



*Figura 3.15 Comportamiento del Silicio del aceite Delo 400XLE SAE15W-40.*

*Fuente: Autor*

Si los resultados seguían ascendiendo en los próximos muestreos es motivo para detener la operación de la maquinaria y realizar un diagnóstico. A pesar de que el análisis 2 es el más elevado no representa un nivel de alerta ya que el límite condenatorio es de 40 ppm. La presencia de silicio en el aceite es por arena y polvo atmosférico.

## CONCLUSIONES

- En el capítulo uno se menciona cuáles son los sistemas del motor que intervienen en la durabilidad del lubricante, permitiéndonos realizar un mantenimiento preventivo a todos estos elementos: el cambio del filtro de aceite, combustible, aire y air dryer, adicional se hizo un reajusto a los pernos del cabezote y el cambio de aceite. Permittiéndonos garantizar un óptimo desempeño del lubricante.
- El proceso realizado para la obtención de información valedera para el estudio, no solo implica la obtención de las muestras de aceite, si no es una parte de todo el programa para el análisis de aceite. Lo más importante es el estado de funcionamiento del tracto camión, para lo cual se realizó un mantenimiento preventivo antes de comenzar con la toma de muestras de aceite. La interpretación de los resultados obtenidos del análisis de aceite tiene que ser realizadas por un personal calificado, es decir, el personal tiene que conocer la composición química de cada elemento interno del motor y su funcionamiento, con el fin de identificar los elementos defectuosos.
- En los resultados se analizaron tres parámetros, es decir: Rutina, Tbn y Metales. Estos parámetros se evaluaron según el kilometraje recorrido del tracto camión. Rutina está conformada por tres elementos a analizar, tenemos: Apariencia, Agua por crepitación y Viscosidad. En el análisis de apariencia se pudo apreciar la coloración del lubricante el cual se mantuvo en un color negro, luego de superar los 8.346Km del cambio habitual de aceite y recorrer 4.088 Km más. En todos los resultados el lubricante no presento ningún problema y fue apto para su uso. La segunda fase fue analizar las muestras de aceite para comprobar si existía presencia de agua por el proceso de crepitación, obteniendo que todos los resultados son negativos de presencia de agua.
- El análisis de la viscosidad fue más detallado, por tratarse de una propiedad fundamental en la vida el lubricante. Se realizo una toma de muestra antes de realizar el cambio de aceite a los 8.546 Km con un valor de viscosidad de 13.5

cSt, con el objetivo de realizar una comparación debido a que el vehículo no contaba con un correcto mantenimiento siendo afectada por procesos químicos. Luego del cambio de aceite el valor de la viscosidad a los 8.346 Km fue de 13.63 cSt. Permittiéndonos concluir que el aumento del segundo valor se debe a que se realizó un adecuado mantenimiento al tracto camión. Permittiendo una degradación más lenta y alcanzar un mayor recorrido. El tracto camión recorrido 12.434 Km, alcanzando un valor de viscosidad de 13.48 cSt, el porcentaje utilizado de viscosidad es de -9.54%, siendo apto para su funcionamiento.

- El análisis del TBN también fue más detallado En especial, esta propiedad nos permitió saber cuándo el lubricante ya no fue apto para el funcionamiento. Al igual que en la viscosidad se realizó una comparación, teniendo un valor de 8.72 *mgKOH/g* a los 8.546 Km y un valor de 9.3 *mgKOH/g* a los 8.346 Km el nivel de desgaste es mucho menor ya que por el correcto mantenimiento ayuda a neutralizar mejor los ácidos sulfúricos del motor. El ultimo valor del TBN es de 6.73 *mgKOH/g* a los 12.434 Km aproximándose en un 38% al valor límite del TBN que tiene un valor de 5.35 *mgKOH/g* permitiendo concluir que luego de alargar la vida del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 en un 50%, este ya no es apto para el funcionamiento.
- Las gráficas del TBN y viscosidad se puede observar que tiene una curva de degradación continua hasta los 11.535 Km, donde el TBN sufre un desgaste alto de sus propiedades neutralizantes, concluyendo el muestreo y procediendo a realizar un mantenimiento preventivo.
- En el estudio también se investigó si existía la presencia de partículas metálicas, debido a que se extendió la vida del lubricante. Las partículas metálicas con menor presencia en el aceite son: cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu), estaño (Sn), aluminio (Al) y plomo (Pb), en algunas de estas propiedades el valor más alto 3ppm siendo comunes por el desgaste del motor. El hierro (Fe) tuvo una mayor presencia en el lubricante teniendo como valor máximo 11 ppm a los 12. 434 Km, no es motivo de alarma porque hay gran variedad de elementos que contienen este metal y es normal su desgaste.

- El silicio (Si) también presento valores elevados en los resultados, el valor más alto fue a los 2.146 Km con 8 ppm y decreciendo a 3 ppm a los 3.130 Km. La presencia de un elevado valor a los 2.146 Km se debió a que la muestra fue contaminada con polvo atmosférico, no afectando al estudio ya que las demás muestras disminuyeron notablemente.
- La compañía realizaba 15 cambios anuales a su unidad cada 8.000Km recorridos. Concluyendo que en base a la investigación realizada se estableció que el rango máximo de vida útil del lubricante Delo 400XLE SAE15W-40 es de 12.000Km recorridos y con solo 10 cambios anuales la compañía BRACAZUA S.A se ahorra 2.300 USD netos.

## RECOMENDACIONES

- El presente estudio represento un aporte positivo para la compañía BRACAZUA S.A y para la sociedad por contribuir con la disminución del costo anual en cambios de lubricante y permitiendo obtener una durabilidad mayor en la vida útil del motor. Recomendamos a la compañía BRACAZUA S.A. mantenerse con los cambios de aceite en el Kilometraje que nos permite obtener los aditivos que cuidan a sus motores y componentes, no sobrepasar el kilometraje recomendado en el análisis ya que podríamos tener daños graves.
- El estado de funcionamiento de las unidades es esencial ya que para alargar la vida útil del lubricante cada unidad debe estar en perfecto estado, para ellos se recomienda realizar mantenimientos preventivos constantes, con la finalidad de evitar averías y detenciones de la maquinaria. Generando mayores costos de mantenimientos correctivos.
- Al realizar la toma de muestras se recomienda seguir los pasos descritos en el estudio, debido a que si la muestra se llega a contaminar por material particulado los resultados de los análisis van a ser incorrectos.

## BIBLIOGRAFIA

- AENOR. (2020). ASTM D6595-00 Método de prueba estándar para la determinación del desgaste M ... Retrieved January 16, 2020, from <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/astm?c=014520>
- ALVAREZ. (2015). ALVAREZ Autopartes Diesel :: Importación Directa. Retrieved November 12, 2019, from <http://autopartesalvarez.com/productos.php?id=21>
- Americano, I., & Petróleo, D. E. L. (2002). *Guía de Lubricantes para Motores*. 1–2.
- API. (2017). Que es el aceite para motor | Atracción360. Retrieved November 12, 2019, from <https://www.atraccion360.com/que-es-el-aceite-para-motor>
- ASTM. (2017). ASTM D1500-12(2017) Método de prueba estándar para determinación del color de ASTM para productos derivados del petróleo (Escala de color de ASTM). Retrieved February 4, 2020, from <https://www.astm.org/Standards/D1500-SP.htm>
- Bosch. (2017a). Filtros de aceite. Retrieved November 12, 2019, from [https://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories/service\\_parts\\_1/filters\\_1/oil\\_filters\\_1/oil\\_filters\\_1.html](https://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/service_parts_1/filters_1/oil_filters_1/oil_filters_1.html)
- Bosch. (2017b). Filtros de aire. Retrieved November 12, 2019, from [http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories/service\\_parts\\_1/filters\\_1/air\\_filters\\_1/air\\_filters\\_1.html](http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/service_parts_1/filters_1/air_filters_1/air_filters_1.html)
- Bosch. (2017c). Filtros diésel. Retrieved November 12, 2019, from [https://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories/service\\_parts\\_1/filters\\_1/diesel\\_filters\\_1/diesel\\_filters\\_1.html](https://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/service_parts_1/filters_1/diesel_filters_1/diesel_filters_1.html)
- Buchelli Carpio, L., & Garcia Granizo, V. (2015). 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*, 8(15), 84. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol8iss15.2015pp84-95p>
- Carlos P. (2011). ANALISIS TECNICO DE FALLAS: Procedimientos Para Toma de Muestras. Retrieved March 31, 2020, from <http://analisistecnicodefallas.blogspot.com/2011/07/procedimientos-para-toma-de-muestras.html>
- Chevron, A. D. A. (2003). *Limites Condensatorios Cambios de Viscosidad*.
- Chevron Lubricants. (2019). Delo® 400 XLE SAE 15W-40 - Aceite de mezcla sintética para motores diesel | Lubricantes Chevron (Latin America). Retrieved February 5, 2020, from [https://latinamerica.chevronlubricants.com/es\\_mx/home/products/delo-400-xle-sae-15w-40.html](https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/products/delo-400-xle-sae-15w-40.html)
- Corporación Rod SAC. (2017). Filtros de Aire | Corporación Rod SAC. Retrieved March 31, 2020, from <https://corporacionrod.wordpress.com/contacto/productos/filtros-de-aire/>
- Encyclopædia Britannica. (2007). Exhaust valve | mechanics | Britannica. Retrieved January 8, 2020, from <https://www.britannica.com/technology/exhaust-valve>



- FierrosClasicos. (2015). El Cáster del motor – Que es? – Que pasa si se rompe? | Fierros Clasicos. Retrieved November 12, 2019, from <https://fierrosclasicos.com/el-carter-del-motor-que-es-que-pasa-si-se-rompe/>
- Garate, L. M. (2008). *Luis Mangini Garate I*.
- Hengst. (2019). producto - hengst.com. Retrieved February 5, 2020, from <https://www.hengst.com/es/catalogo-en-linea/producto/526600000-03/sa/>
- HINO. (2015). *AIR DRYER*. Retrieved from [http://d1hw7lidx7g0nl.cloudfront.net/wp-content/uploads/2017/05/AIR-DRYER-REPAIR-KIT\\_EN.pdf?x79446](http://d1hw7lidx7g0nl.cloudfront.net/wp-content/uploads/2017/05/AIR-DRYER-REPAIR-KIT_EN.pdf?x79446)
- Jesus Rodriguez. (2019). Filtro de aceite de motor [Función + Importancia] Como seleccionar. Retrieved March 31, 2020, from <https://www.gemacar.com/blog/filtro-de-aceite-del-motor-funcion-e-importancia/>
- Jufre Oil Service. (2011). Lubricentro en Capital Federal | Jufre Oil Service: Filtros de autos. Retrieved February 5, 2020, from <http://jufreoilservice.blogspot.com/2011/12/filtros-de-autos.html>
- LLORI, R. (2012). *Determinacion de residuos de hidrocarburos totales de Petroleo*. 66, 37–39.
- Lopez, C. (2019). Rudolf Diesel: biografía, aportes, inventos, frases, y más. Retrieved July 8, 2019, from <https://personajeshistoricos.com/c-empresario/rudolf-diesel/>
- Lublearn. (2014). Toma de muestras de lubricantes de clase mundial – ¡Es posible! | Noria Latín América. Retrieved July 22, 2019, from <http://noria.mx/lublearn/toma-de-muestras-de-lubricantes-de-clase-mundial-es-posible/>
- MANNA. (2018). MOTORES DIESEL | Ventajas, características, partes y funcionamiento. Retrieved July 8, 2019, from <http://como-funciona.co/los-motores-diesel/>
- Martins, M. E. (2018). *TBN: Número Básico Total - ¿ Conoce usted qué le está reportando su laboratorio ?* Retrieved from <http://www.abrahamhnos.com/pdf/Consejo-TBN-Diferencias.pdf>
- Mascus. (2015). Piezas de recambios Mercedes-Benz-Om502 usadas motores, camiones y vehículos industriales - Mascus España. Retrieved February 5, 2020, from <https://www.mascus.es/transporte/motores-usados-transporte/mercedes-benz-om502>
- Nordhaus, W. D. (2009). Motores. In *Termodinamica*. <https://doi.org/10.0-8400-5444-0>
- RINTUSAC. (2014). INTERCAMBIADORES TIPO BAR AND PLATE ALUMINIO BRAZADO – Rintusac. Retrieved November 12, 2019, from <http://www.rintusac.com/productos/intercambiadores-tipo-bar-and-plate-aluminio-brazado/>
- Roberto García. (2011). Teoría de Lubricantes (Tribología) - Ingeniero Marino. Retrieved December 3, 2019, from <https://ingenieromarino.com/lubricantes-tribologia/>
- Santiago García Garrido. (2012). TIPOS DE MANTENIMIENTO. Retrieved July 23, 2019, from <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>

- Swissoil. (2019). *Análisis de Laboratorio Análisis de Laboratorio*. 5–7.
- Synblend, S. A. E. (2018). *D ELO ® 400 XLE ISOCLEAN ® Certified Lubricant*. 40, 61–64.
- Tormos Martínez, B. (2005). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. 28. Retrieved from [https://books.google.com/books?id=DqJuqL\\_UzjkC&pgis=1](https://books.google.com/books?id=DqJuqL_UzjkC&pgis=1)
- Total. (2018). Aceite Sintético. Retrieved July 23, 2019, from <http://www.total-chile.cl/tips/aceite-sintetico.html>
- Widman. (2019). Boletín 46 | Widman International SRL. Retrieved July 22, 2019, from <https://www.widman.biz/boletines/46.php>
- Widman, R. (2017). *La Contaminación del Aceite por Agua y su Detección en Campo*. 1–5.

## ANEXOS

### ANEXO A1: INFORME DE LA PRIMERA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL 03/06/2019



#### Análisis de Laboratorio

Datos Generales				
Solicitud	201900423397	Fecha Obtención	03/06/2019	
Muestra	40428	Fecha Ingreso	09/07/2019	
Batch		Fecha Resultados	12/07/2019	
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	799723 KMS	
	CABEZAL ACTROS AAA1484	KMS Muestra	1146 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	14.0300	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92], [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	10.5200	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A2: INFORME DE LA SEGUNDA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 09/06/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales			
Solicitud	201900423397	Fecha Obtención	09/06/2019
Muestra	40430	Fecha Ingreso	09/07/2019
Batch		Fecha Resultados	16/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO		
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4		
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	800707 KMS
	MERCEDES ACTROS AAA1484	KMS Muestra	2146 KMS

Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.9300	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , (17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	4.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	8.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	10.2500	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				

Observación: APARIENCIA: NEGRO

Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.

Comentario Adicional:

ANEXO A3: INFORME DE LA TERCERA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 14/06/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900423397		Fecha Obtención	14/06/2019
Muestra	40427		Fecha Ingreso	09/07/2019
Batch			Fecha Resultados	12/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	801921 KMS	
	CABEZAL ACTROS AAA1484	KMS Muestra	3130 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluacion		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.9100	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	4.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	10.1000	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A4: INFORME DE LA CUARTA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 19/06/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900423397		Fecha Obtención	19/06/2019
Muestra	40426		Fecha Ingreso	09/07/2019
Batch			Fecha Resultados	12/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	802788 KMS	
	ACTROS AAA1484	KMS Muestra	4344 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.9300	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92], (17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Viscosidad a 40°C, cSt	0.0000			
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	1.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	4.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	9.7500	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A5: INFORME DE LA QUINTA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 27/06/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900423397		Fecha Obtención	27/06/2019
Muestra	40425		Fecha Ingreso	09/07/2019
Batch			Fecha Resultados	12/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	803730 KMS	
	MERCEDES BENZ AAA1484	KMS Muestra	5211 KMS	

Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.8400	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	4.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	9.8200	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				

Observación: APARIENCIA: NEGRO
--------------------------------

Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.

Comentario Adicional:
-----------------------

ANEXO A6: INFORME DE LA SEXTA MUESTRA REPORTADO POR SWISSOIL  
05/07/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales			
Solicitud	201900423397	Fecha Obtención	05/07/2019
Muestra	40429	Fecha Ingreso	09/07/2019
Batch		Fecha Resultados	12/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO		
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4		
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	804725 KMS
	CABEZAL ACTROS AAA1484	KMS Muestra	6153 KMS

Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.7900	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92], (17.88 - 17.88)}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	5.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	9.8200	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				

Observación: APARIENCIA: NEGRO

Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.

Comentario Adicional:



ANEXO A7: INFORME DE LA SEPTIMA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 12/07/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900423788		Fecha Obtención	12/07/2019
Muestra	40983		Fecha Ingreso	26/07/2019
Batch			Fecha Resultados	30/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	805923 KMS	
	MERCEDES ACTROS AAA1484	KMS Muestra	7148 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.5600	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , (17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	1.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	5.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	9.5900	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A8: INFORME DE LA OCTAVA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 19/07/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales			
Solicitud	201900423788	Fecha Obtención	19/07/2019
Muestra	40985	Fecha Ingreso	26/07/2019
Batch		Fecha Resultados	30/07/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO		
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4		
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	806977 KMS
	ACTROS AAA1484	KMS Muestra	8346 KMS

Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluacion		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.6300	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	1.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	5.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	5.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	9.3000	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				

Observación: APARIENCIA: NEGRO

Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.

Comentario Adicional:

ANEXO A9: INFORME DE LA NOVENA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 23/07/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900423788	Fecha Obtención	23/07/2019	
Muestra	40984	Fecha Ingreso	26/07/2019	
Batch		Fecha Resultados	30/07/2019	
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	808112 KMS	
	ACTROS AAA1484	KMS Muestra	9400 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.5800	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	6.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	8.9300	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A10: INFORME DE LA DECIMA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 29/07/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900423904	Fecha Obtención	29/07/2019	
Muestra	41168	Fecha Ingreso	05/08/2019	
Batch		Fecha Resultados	14/08/2019	
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	809119 KMS	
	MERCEDES BENZ AAA1484	KMS Muestra	10535 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.4900	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92], [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	9.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	8.8200	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A11: INFORME DE LA ONCEAVA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 05/08/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales			
Solicitud	201900423904	Fecha Obtención	05/08/2019
Muestra	41167	Fecha Ingreso	05/08/2019
Batch		Fecha Resultados	13/08/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO		
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4		
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	810011 KMS
	ACTROS AAA1484	KMS Muestra	11535 KMS

Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.5100	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92] , [17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	0.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	10.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	4.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	8.6400	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO A12: INFORME DE LA DOCEAVA MUESTRA REPORTADO POR  
SWISSOIL 08/08/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900424206		Fecha Obtención	08/08/2019
Muestra	41597		Fecha Ingreso	20/08/2019
Batch			Fecha Resultados	23/08/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Muestra	12434 KMS	
	MERCEDES ACTROS AAA1484	KMS Equipo	811059 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.4800	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92], (17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	1.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	11.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	5.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	6.7300	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: APARIENCIA: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				

ANEXO B1: INFORME DE LA MUESTRA ANTES DEL AFINAMIENTO  
REPORTADO POR SWISSOIL 27/05/2019



**Análisis de Laboratorio**

Datos Generales				
Solicitud	201900422547		Fecha Obtención	27/05/2019
Muestra	39323		Fecha Ingreso	28/05/2019
Batch			Fecha Resultados	11/06/2019
Cliente	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO			
Producto	CHEVRON DELO 400 XLE 15W40 SYNBLEND CK-4			
Procedencia	AVILA BERMEO HECTOR MARCELO	KMS Equipo	798723 KMS	
	AAA 1484	KMS Muestra	8546 KMS	
Resultados				
Test	Resultado	Rango Evaluación		
Viscosidad a 100°C, cSt	13.5000	[11.92 - 17.88]	{[11.92 - 11.92], (17.88 - 17.88]}	<= 11.91 y >= 17.89
Agua por crepitación, Test interno	NEGATIVO			
Cromo, Cr ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 30	[30 - 30]	>=31
Níquel, Ni ppm, ASTM D6595	0.0000			
Cobre, Cu ppm, ASTM D6595	2.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Estaño, Sn ppm, ASTM D6595	0.0000			
Aluminio, Al ppm, ASTM D6595	3.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Plomo, Pb ppm, ASTM D6595	1.0000	<= 50	[50 - 50]	>=51
Hierro, Fe ppm, ASTM D6595	10.0000	<= 100	[100 - 100]	>=101
Silicio, Si ppm, ASTM D6595	4.0000	<= 40	[40 - 40]	>=41
Número básico total TBN, ASTM D2896, mg KOH/g	8.7200	>= 5.35	[5.35 - 5.35]	<=5.34
Apariencia				
Observación: NEGRO				
Comentario: Los resultados obtenidos en la muestra de la referencia son satisfactorios. Sugerimos seguir las instrucciones del fabricante del equipo respecto a los intervalos de cambio. El aceite si está apto para continuar en servicio.				
Comentario Adicional:				



ANEXO B2: CERTIFICADO DE LA COMPAÑÍA CONAUTO DE HABER  
REALIZADO LOS 13 ANALISIS EN SUS LABORATORIOS SWISSOIL



CERTIFICADO

Cuenca, 18 de febrero del 2020

A quien interese:

Por medio de la presente certificamos que el **SR. OSWALDO MARCELO AVILA PESANTEZ** portador de la **CI 0104025606** y el **SR. HENRY ROLANDO GUAMAN ALBARRACIN** portador de la **CI 0105438626**, enviaron a nuestro laboratorio **SWISSOIL** ubicado en Guayaquil 13 muestras de aceite usado, para su respectivo análisis.

El **SR. OSWALDO MARCELO AVILA PESANTEZ** y el **SR. HENRY ROLANDO GUAMAN ALBARRACIN** pueden hacer uso del presente **CERTIFICADO** en lo que crean conveniente.

Atentamente,

Ing. Xavier Armas

Gerente Sucursal Cuenca

**CONAUTO C.A.**

**GUAYAQUIL:**  
Av. J. Tanca Moreano,  
Km. 1.8  
Telf. 04 2599 900  
pedidos@conauto.com.ec

**QUITO:**  
Av. de los Granados  
y Av. S. Bolívar, vía a Nayón  
Edif. Ekopark Torre 2, piso 6  
Telf. 02 3948 560  
ventasquito@conauto.com.ec

**CUENCA:**  
Av. España 1437  
Telf. 07 2865 209  
ventas.cue@conauto.com.ec

**AMBATO:**  
Av. Bolívarona,  
km. 2.5 vía a Baños  
Telfs: 03 2408 207  
03 2408 239  
ambato@conauto.com.ec

**SANTO DOMINGO:**  
km. 3.5 vía a Chona  
Telf. 02 3751 459  
ventas.sdo@conauto.com.ec

**MANTA:**  
Av. 4 de Noviembre,  
km. 4.5 y la "Y"  
Telfs. 05 2928 587  
05 2928 589  
ventas.man@conauto.com.ec



ANEXO B3: CERTIFICADOS QUE AUTORIZAN A LOS LABORATORIOS  
SWISSOIL A REALIZAR ANALISIS DE ACEITES



THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

# CERTIFICATE

ICONTEC has issued an IQNet recognized certificate that the organization:

## SWISSOIL DEL ECUADOR S.A.

Ciudadela Nueve de Octubre, Callejón Noveno S/N entre Avenida Domingo Comín y La Ría,  
Guayaquil, Guayas, Ecuador

has implemented and maintains a

### Quality Management System

for the following scope:

Diseño, producción, ventas y servicio técnico de aceites  
lubricantes derivados del petróleo, refrigerantes para motor  
aditivos para combustible y líquido de frenos. Fabricación de  
envases metálicos y plásticos

Design, production, sales and technical service of petroleum  
derivatives lubricants, motor coolants, fuel additives and brake  
fluid. Manufacture of metal and plastic containers

which fulfils the requirements of the following standard

## ISO 9001:2015

Issued on: 2010 12 24

Expires on: 2021 03 27

This attestation is directly linked to the IQNet Partner's original certificate  
and shall not be used as a stand-alone document

Registration Number: CO-SC-CER95957



Michael Drechsel  
President of IQNet

Roberto Enrique Montoya Villa  
Executive Director of ICONTEC



**IQNet Partners\*:**  
AENOR Spain AFNOR Certification France AIB-Vincotte International Belgium ANCE-SIGE Mexico APCER Portugal CCC Cyprus  
CISQ Italy CQC China CQM China CQS Czech Republic Cro Cert Croatia INTECO Costa Rica DQS Holding GmbH Germany  
PCAV Brazil FONDONORMA Venezuela ICONTEC Colombia IMNC Mexico INNORPI Tunisia  
Inspecta Certification Finland IRAM Argentina JQA Japan KFQ Korea MIRTEC Greece MSZT Hungary Nemko AS Norway  
NSAI Ireland PCBC Poland Quality Austria Austria RR Russia SII Israel SIQ Slovenia SIRIM QAS International Malaysia  
SQS Switzerland SRAC Romania TEST St Petersburg Russia TSE Turkey YUQS Serbia  
IQNet is represented in the USA by: AFNOR Certification, CISQ, DQS Holding GmbH and NSAI Inc.  
\* The list of IQNet partners is valid at the time of issue of this certificate. Updated information is available under [www.iqnet-certification.com](http://www.iqnet-certification.com)

ANEXO B4: CERTIFICADOS QUE AUTORIZAN A LOS LABORATORIOS  
SWISSOIL A REALIZAR ANALISIS DE ACEITES

Iconet

ISO 9001

icontec  
Internacional

ICONTEC Certifica que el Sistema de Gestión de la organización:  
ICONTEC certifies that the Organization's Management System of:

**SWISSOIL DEL ECUADOR S.A.**  
Ciudadela Nueve de Octubre, Callejón Noveno S/N entre Avenida Domingo Comín y La Ría,  
Guayaquil, Guayas, Ecuador

ha sido auditado y aprobado con respecto a los requisitos especificados en:  
has been audited and approved based on the specified requirements of:

**ISO 9001:2015**

Este Certificado es aplicable al siguiente alcance:  
This certificate is applicable to the following scope:

Diseño, producción, ventas y servicio técnico de aceites  
lubricantes derivados del petróleo, refrigerantes para motor  
aditivos para combustible y líquido de frenos. Fabricación de  
envases metálicos y plásticos

Design, production, sales and technical service of petroleum  
derivatives lubricants, motor coolants, fuel additives and brake  
fluid. Manufacture of metal and plastic containers

Esta aprobación está sujeta a que el sistema de gestión se mantenga de acuerdo con los  
requisitos especificados, lo cual será verificado por ICONTEC  
This approval is subject to the maintenance of the management system according to the  
specified requirements, which will be verified by ICONTEC

Certificado: SC-CER95957  
Certificate

Fecha de Aprobación: 2010 12 24  
Approval Date:

Fecha Última Modificación: 2018 04 13  
Last Modification Date

Fecha de Vencimiento: 2021 03 27  
Expiration Date

Fecha de Restauración:  
Restoration Date

ACREDITADO  
ONAC  
SISTEMAS DE GESTIÓN

Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano  
Acreditado en 1º OAE OCIC C 19-093  
CERTIFICACIÓN DE  
SISTEMAS DE GESTIÓN

IAE  
INTERNATIONAL  
ACCREDITATION  
EXCELLENCE

Roberto Enrique Montoya-Villa  
Director Ejecutivo  
CEO

13-P-90-01-4-012 Versión 03  
Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado

ICONTEC INTERNACIONAL carrera 37 no. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

Aprobado 2017-08-01

ANEXO C1: TABLA DE LA CLASIFICACIÓN API

Nivel de Calidad	Periodo de Validez	Estado	Aplicación
SA	Antes de 1950	Obsoleto	No contiene aditivos, puede dañar los motores modernos como los fabricados después de 1930
SB	1950-1960	Obsoleto	No es adecuada para la mayoría de los motores de automóvil de gasolina, puede dañar los motores modernos como los fabricados después de 1951
SC	1960-1964	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1967
SD	1965-1970	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1971
SE	1971-1980	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1979
SF	1981-1987	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1988. Debido a que no protege adecuadamente frente a la acumulación de lodos en el motor.
SG	1988-1992	Obsoleto	No es adecuado para la mayoría de automóviles que se hayan fabricado después del 1993. Debido a que no protege adecuadamente frente a la acumulación de lodos en el motor, desgastes y oxidaciones.
SH	1993-1996	Obsoleto	Solo recomendable para automotores del año 1993 y anteriores
SJ	1997-2000	Vigente	Para motores de automóviles del año 2001 y anteriores
SL	2001	Vigente	Para motores de automóviles del año 2004 y anteriores
SM	2010	Vigente	Para motores de automóviles del año 2010 y anteriores
SN	2010	Vigente	Se comenzó a utilizar desde octubre del 2010 y fue diseñado para proporcionar una mejor protección de los pistones frente a la formación de depósitos a altas temperaturas, mejor control de lodos.

## ANEXO C2: TABLA DE ACEITES PARA MOTORES DIÉSEL

Nivel de Calidad	Periodo de Validez	Aplicación
CA	Antes de 1950 <b>Obsoleto</b>	No adecuados para uso en motores diésel fabricados después del año 1959
CB	1950-1952 <b>Obsoleto</b>	No adecuados para uso en motores diésel fabricados después del año 1961
CC	1952-1954 <b>Obsoleto</b>	No adecuados para uso en motores diésel fabricados después del año 1990
CD/CD-I	1955-1987 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a determinados motores de aspiración natural y turbo cargador
CE	1987-1992 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbo cargador. Pueden utilizarse en lugar de los aceites CC y CD.
CF/CF-2	1992-1994 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores todo terreno, de inyección indirecta diésel incluyendo aquellos que utilizan combustible con contenido de azufre superior a 0.5% en peso. Reemplazan CD y CD-II
CF-4	1992-1994 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos, de aspiración natural y turbo cargador. Reemplazan CD y CE.
CG-4	1995 <b>Obsoleto</b>	Están destinados a motores de trabajo intenso, de alta velocidad, de cuatro tiempos que utilizan combustible con contenido de azufre menor de 0.5% en peso. Reemplazan CD, CE, y CF-4.
CH-4	1998 ACTUAL	Están destinados a motores de alta velocidad, de cuatro tiempos. Los aceites CH-4 están compuestos específicamente para ser utilizados con combustibles diésel con un rango de contenido de azufre hasta 0.5% en peso.
CI-4	2002 ACTUAL	Los aceites CI-4 están formulados para proteger la durabilidad del motor cuando se usa la recirculación de gases quemados (EGR) y están ideados para ser utilizados con combustibles diésel con un rango de contenido de azufre hasta 0.5% en peso.
CJ-4	2006 ACTUAL	Los aceites CJ-4 están compuestos para ser usados en todas las aplicaciones con combustibles diésel con rango de contenido de azufre hasta 500 ppm (0.05% en peso). Los aceites CJ-4 son eficaces en la protección de la durabilidad del sistema del control de emisiones, cuando se emplean filtros de partículas y otros sistemas de pos tratamiento avanzados. Entre otras aplicaciones.
CK-4	2017 ACTUAL	Los aceites CK-4 está diseñados para brindar una mejor protección contra la oxidación del aceite, la pérdida de viscosidad debido a la cizalla y la aireación de aceite, así como protección contra la contaminación del catalizador, bloqueo de filtros de partículas, desgaste de motor, etc. Este tipo de lubricante se utiliza solo con combustibles que contengan más de 15 ppm de azufre o puede afectar a la durabilidad del lubricante.




ANEXO C3: TABLA DE LA CLASIFICACIÓN DE LA VISCOSIDAD

Grado SAE	Viscosidad A bajas temperaturas		Viscosidad a Altas temperaturas		
	(cP) Max a temp °C	(cP) Max a temp °C	Viscosidad Cinemática cST @ 100°C		Visc alta cizalla (cP) a 150 °C min
			min	max	
0W	6200 at - 35	60000 at - 40	3.8		
5W	6600 at - 30	60000 at - 35	3.8		
10W	7000 at - 25	60000 at - 30	4.1		
15W	7000 at - 20	60000 at - 25	5.6		
20W	9500 at - 15	60000 at - 20	5.6		
25W	13000 at - 10	60000 at - 15	9.3		
20			5.6 a 9.3	< 9.3	2.6
30			9.3 a 12.5	< 12.5	2.9
40			12.5 a 16.3	< 16.3	2.9(grados 0w-40 5w-40 10w-40)
50			16.3 a 21.9	<16.3	3.7
60			21.9 a 26.1	<21.9	3.7

ANEXO C4: TABLA DE LAS PROPIEDADES BASE DEL LUBRICANTE  
CHEVRON DELO® 400 XLE SAE 15W-40

GRADO SAE	15W40
Numero de producto	278017
Numero SOS	
EE. UU	43380
México	43382
Densidad a 15 °C, K/L	0.873
Viscosidad Cinemática	
mm <sup>2</sup> /s a 40°C	111
mm <sup>2</sup> /s a 100°C	14.9
Viscosidad, Arranque en Frio, °C/mPa.S	-20/5200
Viscosidad, MVR, °C/mPa.S	-25/16,600
Viscosidad, HTHS, mPa.S	4.2
Índice de viscosidad	140
Punto de Inflamación, °C(°F)	228(442)
Punto de Escurrimiento °C(°F)	-39(-38)
Ceniza sulfatada, masa %	1,0
Numero Base, mgKOH/g, ASTM D2896	10.7
Fosforo, masa %	0.076
Azufre, masa %	0.277
Zinc, masa %	0.083

ANEXO C5: TABLA DE LOS LIMITES CONDENATORIOS DEL LABORATORIO SWISS OÍL.

PARAMETROS A ANALIZAR	UNIDA DE MEDIDA	Rango evaluación		
				
<b>Viscosidad</b>	cSt	11.92-17.88	11.92 – 11.92 17.88-17.88	<=11.91 y >=17.89
<b>Agua por crepitación</b>	-----			
<b>Cromo (Cr)</b>	ppm	<=30	[30-30]	>=31
<b>Níquel (Ni)</b>	ppm			
<b>Cobre (Cu)</b>	ppm	<=50	[50-50]	>=51
<b>Estaño (Sn)</b>	ppm			
<b>Aluminio (Al)</b>	ppm	<=40	[40-40]	>=41
<b>Plomo (Pb)</b>	ppm	<=50	[50-50]	>=51
<b>Hierro (Fe)</b>	ppm	<=100	[100-100]	>=101
<b>Silicio (Si)</b>	ppm	<=40	[40-40]	>=41
<b>Numero básico o TBN</b>	$\frac{mgKOH}{g}$	>=5.35	[5.35-5.35]	<=5.34
<b>Apariencia</b>	-----			